

وراثة و تربية المحاصيل لتحمل الإجهاد البيئي

الملوحة - نقص العناصر الغذائية
سمية العناصر الغذائية - مبيدات الحشائش
الإشعاع فوق البنفسجية



أ.د/ حسن عوده عواد
أستاذ المحاصيل وتربية النيات
كلية الزراعة - جامعة الزقازيق

المكتبة المصرية



أش احمد ذو الفقار - لوران الإسكندرية
تليفاكس: ٠٠٢/٠٣/٥٨٤٠٣٩٨
محمول: ٠١٢/٤٦٨٦٠٤٩٠

وراثة وتربية المحاصيل لتحمل الإجهاد البيئي

الجزء الثاني

الملوحة - نقص العناصر الغذائية - سمية العناصر الغذائية
مبيدات الحشائش - الأشعة فوق البنفسجية

الدكتور

حسن عودة عواد

أستاذ المحاصيل وتربية النبات
كلية زراعة - جامعة الزقازيق

٢٠٠٩

مكتبة المخرجة

للطباعة والنشر والتوزيع

٣ ش أحمد دو الفقار لوران الإسكندرية

تليفاكس ٢٩٨ ٣/٥٨٤ ٢/

محمول ١٢/٤٦٨٦ ٢٩

عنوان الكتاب : وراثة وتربية المحاصيل لتحمل الإجهاد البيئي ج ٢

المؤلف : د. حسن عودة عواد

الناشر : المكتبة المصرية

تليفاكس : ٠٣-٤٢٠٦٩٣٤

الطبعة : الأولى

سنة النشر : ٢٠٠٩

رقم الإيداع : ٢٠٠٩/٣٢٢٩

I.S.B.N. : 977 - 411 - 428 - 0

جميع الحقوق محفوظة للناشر ©

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿وَأَنْزَلْنَا مِنَ الْمُعْصِرَاتِ مَاءً ثَجَّاجًا ۖ
لِنُخْرِجَ بِهِ حَبًّا وَنَبَاتًا ۖ وَجَنَّاتٍ أُنْفَافًا
ۖ إِنَّ يَوْمَ الْفَصْلِ كَانَ مِيقَاتًا ۖ﴾

(سورة النبا : آية ١٤، ١٥، ١٦، ١٧)

تقديم

لقد أدت الزيادة المستمرة لأنشطة الإنسان المختلفة في البيئة الزراعية إلى تراجع مساحة الأرض الخصبة عالية الإنتاجية ، حيث يفقد العالم كل دقيقة عشر هكتارات من الأرض ، خمسة منها بفعل تعرية التربة وثلاثة نتيجة التملح، وواحد هكتار بفعل عوامل تآكل التربة وواحد هكتار نتيجة الاستخدامات غير الزراعية (عن : Dwivedi, 2004).

ومع سعي الإنسان الدائم للمحافظة على بقائه ومع الزيادة المستمرة في تعداد السكان ، بدأ توجه الإنسان نحو زراعة الأراضي الهامشية في أعقاب القرن الخامس عشر للميلاد بالرغم من العائد المنخفض من زراعتها . وبدأت تتزايد جهود المشتغلين بالزراعة نحو إستغلال مساحات من الأراضي الجديدة وإستغلال الصحاري الشاسعة وإستخدام مياه أقل جودة في الزراعة لصالح الإنسان.

ولقد إنحصرت جهود العلماء في العقود السابقة في التغلب على مشاكل الأراضي الهامشية عن طريق تعديل بيئة النبات من خلال أساليب تحسين التربة وإستخدام الأسمدة والإجراءات الزراعية المناسبة ... وغيرها . إلا أن المحددات الاقتصادية والبيئية المتعلقة بتحسين البيئة ، جعلت من التوجه إلى التحسين الوراثي وإستنباط أصناف أقدر على تحمل ظروف الإجهاد ، إتجاه بديل للتغلب على مشاكل الزراعة في الأراضي الهامشية .

ولقد أوضحت التقارير المبكرة حول موضوع الإجهاد أن هناك أمل وإمكانية للتربية لتحمل ظروف البيئة غير الملائمة . وبناءً على ذلك ، فقد اتجهت إهتمامات كثير من العلماء إلى إستغلال الفروق الوراثية بين النباتات في القدرة على الأقلية مع عوامل الإجهاد المختلفة لحل مشكلة الغذاء . حيث أمكن

بالفعل تحقيق تقدم ملموس في برامج إستتباط أصناف من المحاصيل الحقلية تتأقلم والزراعة تحت هذه الظروف.

وتعتبر إجهادات البيئة غير الحيوية المتمثلة في ملوحة التربة ونقص أو زيادة العناصر الغذائية إلى جانب تحمل نباتات المحاصيل لمبيدات الحشائش في أنظمة الزراعة المتقدمة وتحمل تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية ، من الأهداف الهامة التي يسعى إليها مربو النبات في برامج التربية ، وهو موضوع هذا الجزء ، والذي يعتبر الثاني في مقاومة إجهادات البيئة. حيث تم التعرض في الجزء الأول من هذا العمل إلى عوامل الإجهاد البيئي متضمناً الجفاف والحرارة العالية والتلوث البيئي.

ولما كانت الاجهادات الحيوية المتمثلة في الإصابات المرضية والحشرية والنيماتودية والقواقع والبزاقات والطيور والحشائش المتطفلة ، تمثل جانب هام من البيئة الزراعية وإهتمام مربو النباتات في عديد من مناطق العالم ، فقد تم تناول هذا الموضوع في مؤلف سابق تحت عنوان " تربية المحاصيل لمقاومة الأمراض والحشرات وبعض الآفات الزراعية الأخرى " (سالم وعواد 2004).

ويتناول مؤلف وراثته وتربية المحاصيل لتحمل الإجهاد البيئي خمسة أقسام رئيسية يشمل القسم الأول : وراثته وتربية المحاصيل لتحمل الملوحة ويضم عشرة أبواب ، يشمل الباب الأول : محاصيل الحقل وتحمل الملوحة ، والثاني : طبيعة وميكانيكية مقاومة النباتات للملوحة ، والثالث : أسس مقاومة المحاصيل للملوحة (الصفات النباتية والمعايير الانتخابية) ، والرابع : الاختلافات الصنفية ومصادر التحمل للملوحة ، والخامس : السلوك الوراثي لتحمل الملوحة والصفات المرتبطة في المحاصيل الحقلية ، والسادس : إستراتيجية التربية لتحمل الملوحة والمحصول ، والسابع : جهود التربية لتحمل

الملوحة ، والثامن : التغيرات المرتبطة بالتعبير الجيني فى تحمل إجهاد الملوحة ، والتاسع : كيفية التعامل مع مشكلة الملوحة ودور المعاملات الزراعية فى تحسين تحمل المحاصيل للملوحة ، والعاشر : تقييم التراكيب الوراثية لتحمل للملوحة .

ويتضمن القسم الثانى : وراثية وتربية المحاصيل لتحمل نقص العناصر الغذائية ويضم تسعة أبواب ، يشمل الباب الأول : العناصر الغذائية ، والثانى : عامل التربة وكفاءة أصناف المحاصيل فى إمتصاص والاستفادة من العناصر الغذائية ، والثالث : ميكانيكية المقاومة لنقص العناصر ، والرابع : أسس مقاومة المحاصيل لإجهاد نقص العناصر الغذائية (الصفات النباتية والمعايير الانتخابية) ، والخامس : الاختلافات الصنفية ومصادر التحمل لنقص العناصر ، والسادس : السلوك الوراثى لتحمل نقص العناصر فى المحاصيل الحقلية ، والسابع : إستراتيجية التربية لتحمل نقص العناصر والمحصول ، والثامن : جهود التربية ، والتاسع : تقييم التراكيب الوراثية لتحمل نقص العناصر الغذائية .

ويتضمن القسم الثالث : وراثية وتربية المحاصيل لتحمل زيادة أو سمية العناصر الغذائية . ويضم ثمانية أبواب ، يشمل الباب الأول : العناصر الغذائية ، والثانى : ميكانيكية السمية وطبيعة المقاومة ، والثالث : أسس مقاومة المحاصيل لإجهاد سمية العناصر (الصفات النباتية والمعايير الانتخابية) ، والرابع : الاختلافات الصنفية ومصادر التحمل لسمية العناصر ، والخامس : السلوك الوراثى لتحمل سمية العناصر فى المحاصيل الحقلية ، والسادس : جهود التربية ، والسابع : العلاقة بين زيادة العناصر الغذائية ونمو وإنتاجية المحاصيل ، والثامن : تقييم التراكيب الوراثية لتحمل سمية العناصر .

ويتضمن القسم الرابع : وراثية وتربية المحاصيل لتحمل مبيدات الحشائش . ويضم سبعة أبواب ، يشمل الباب الأول : بعض المفاهيم والمصطلحات المتعلقة بطبيعة المقاومة لمبيدات الحشائش ، والثاني : أسس مقاومة المحاصيل لمبيدات الحشائش (للصفات النباتية والمعايير الانتخابية) ، والثالث : الاختلافات الصنفية ومصادر التحمل لمبيدات الحشائش ، والرابع : السلوك الوراثي لتحمل مبيدات الحشائش في المحاصيل الحقلية ، والخامس : العلاقة بين تحمل مبيدات الحشائش والمحصول ، والسادس : جهود التربية لتحمل مبيدات الحشائش ، والسابع : تقييم التراكيب الوراثية لتحمل مبيدات الحشائش .

ويتضمن القسم الخامس : وراثية وتربية المحاصيل لتحمل الأشعة فوق البنفسجية . ويضم خمسة أبواب ، يشمل الباب الأول : الأسس المورفوفسيولوجية والكيموحيوية لمقاومة تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية طراز B- ، والثاني : الاختلافات الصنفية ومصادر المقاومة للأشعة فوق البنفسجية طراز B- ، والثالث : السلوك الوراثي لمقاومة تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية طراز B- ، والرابع : جهود التربية ودور التقنية الحيوية ، والخامس : تجارب تقييم أثر إستبعاد الأشعة فوق البنفسجية على نباتات المحاصيل .

راجيا أن يستفيد من هذا العمل جميع المهتمين بحل مشاكل البيئة الزراعية الذين يقومون بعمل برامج لتربية وإستنباط أصناف جديدة من المحاصيل الزراعية تتحمل ظروف الإجهاد المختلفة ، حيث إعتد إعداد هذا المؤلف على العديد من المراجع العلمية.

والله ولي التوفيق ،،

أ . د / حسن عودة عواد

محتويات الكتاب

الموضوع	الصفحة
القسم الأول : وراثية وتربية المحاصيل لتحمل الملوحة	187-19
مقدمة	21
الباب الأول : محاصيل الحقل وتحمل الملوحة	46-23
- مفهوم الملوحة وتأثيراتها على نباتات المحاصيل	23
- أقسام الأراضي المتأثرة بالأملاح	30-23
الأراضي الملحية (23) الأراضي القلوية (الصودية) (25).	
الأراضي الجيرية (26) الأراضي الحامضية (29).	
- ملوحة مياه الري ومدى صلاحيتها	30
- التأثير الخاص للأيون	31
الكلوريد (32) الصوديوم (32) البورون (33).	
العناصر النادرة في مياه الري (34).	
- تقييم صلاحية مياه الري	35
- تأثيرات الملوحة على نباتات المحاصيل	36
- تحمل محاصيل الحقل للملوحة	39
* العوامل المؤثرة على تحمل المحاصيل للملوحة	39
نوع المحصول والصنف المنزرع (39) مرحلة النمو (41).	
خصوبة التربة (43) العوامل البيئية (44).	
- بعض نباتات البيئة الملحية	44

60-47	الباب الثانى : كيف تقاوم النباتات ظروف الملوحة طبيعة وميكانيكية مقاومة النباتات للملوحة
48	- مقاومة الملوحة
49	- تجنب الملوحة
55	- تحمل الملوحة
59	- الأهمية النسبية لتجنب وتحمل الملوحة
90-61	الباب الثالث : أسس مقاومة المحاصيل للملوحة الصفات النباتية والمعايير الانتخابية
62	- الصفات المورفولوجية
65	- الصفات الفسيولوجية
77	- الصفات الكيموحيوية
102-91	الباب الرابع : الاختلافات الصنفية ومصادر التحمل للملوحة
	القمح (91) الشعير (93) الأرز (94)
	الذرة الشامية (95) الذرة الرفيعة (96).
	الفول البلدى (96) الحمص (97).
	الترمس (97) الفول السودانى (97)
	فول الصويا (98) زهرة الشمس (98)
	السوسم (98) القطن (99) الكانولا (100)
	قصب السكر (101) البرسيم الحجازى (102)

الباب الخامس : السلوك الوراثي لتحمل الملوحة والصفات المرتبطة

111-103 فى المحاصيل الحقلية

القمح (103) الشعير (105) الأرز (106)

الذرة الشامية (107) الذرة الرفيعة (108)

الفول البلدى (108) فول الصويا (109)

القطن (109) الكانولا (110)

البرسيم الحجازى (111)

122-113 الباب السادس : إستراتيجيات التربية لتحمل الملوحة والمحصول

113 • مستويات تحمل المحاصيل للملوحة

116 • علاقة الملوحة بالمحصول

139-123 الباب السابع : جهود التربية لتحمل الملوحة

123 - الاستيراد وبنوك الجينات

124 - الانتخاب

125 - التهجين

126 - الانتخاب المتكرر

127 - الطفرات

128 - الاتجاهات الحديثة فى التربية لتحمل الملوحة

128 - اللوسمات الجزيئية ومعلومات دنا

132 - تقنية نقل الجين

134 - تقنية زراعة الأنسجة

137 - استخدام نظير الكربون التمييزى فى دراسات تحمل الملوحة

138 - مشاكل التربية للمقاومة للملوحة

الباب الثامن : التغيرات المرتبطة بالتعبير الجيني في تحمل إجهاد	
154-141	الملوحة
141	- جينات يُنظم (يُعدل) فعلها بالزيادة أو النقص بتأثير الملوحة
146	- جينات النبات المشفرة لبروتينات النقل
151	- الإشارات الخلوية ودورها في تحمل الملوحة
الباب التاسع : كيفية التعامل مع مشكلة الملوحة	
دور المعاملات الزراعية في تحسين تحمل	
163-155	المحاصيل للملوحة
155	- إجراء ريات غسيل قبل الزراعة
156	- إعداد الأرض
157	- اختيار المحاصيل المتحملة أو عالية التحمل للملوحة
158	- اتباع المعاملات الزراعية المناسبة
الباب العاشر : تقييم لتراكيب الوراثة لتحمل الملوحة	
187-165	.....
166	- استخدام القطع التجريبية الدقيقة (الليسوميتر)
167	- استخدام البيوت المحمية
167	طرق التقييم في مرحلة الإنبات
	أوراق الترشيح (167) ... مسطح الآجار - المضاد
	الحيوى (168) ... الأصص المملوءة بتربة
	ملحية (169) ... الأصص المملوءة بالرمل
	والزلط (169) ... التقييم في المزارع الصناعية
	(المحاليل المغذية - الملحية) ... (170) ... التقييم تحت
	ظروف غرف النمو... (171)
172	تقييم للنمو وقدرة البادرات على الحياة

- 173 - استخدام مزارع الأنسجة
- 177 - التقييم تحت الظروف الحقلية
- الرى بمياه مالحة فى حقل أرض عادية (غير ملحية) ... (178)
- الرى بمياه مالحة فى حقل أرض ملحية (179)
- التقييم فى القطع التجريبية الصغيرة (180)
- استخدام طريقة تدرج الإجهاد من المصدر (180)
- 181 - مقاييس تحمل الملوحة

القسم الثانى

- 315-189 وراثية وتربية المحاصيل لتحمل نقص للعناصر الغذائية
- 191 مقدمة
- 236-195 الباب الأول : العناصر الغذائية
- 196 * أولاً : العناصر الكبرى
- النيتروجين ... (196) ... الفوسفور ... (198) ...
- البوتاسيوم ... (200) ... الكبريت ... (202) ...
- الكالسيوم ... (204) ... الماغنسيوم ... (206) ...
- 208 * ثانياً : العناصر الصغرى
- الزنك ... (209) ... الحديد ... (212) ...
- المنجنيز ... (214) ... النحاس ... (217) ...
- البورون ... (220) ... الموليبدنم ... (223) ...
- الكلورين ... (225) ...

	* ظروف التربة المؤدية إلى ظهور أعراض نقص العناصر على
227	نباتات المحاصيل
229	* دلائل التعرف على أعراض نقص العناصر
229	- أعراض النقص المرئية
229	- محتوى العنصر في أنسجة النبات
230	- الاختبارات الكيموحيوية
230	- قياسات خصائص الطيف والحرارة
232	- المحصول
232	* كيفية تصحيح أعراض نقص العناصر الغذائية
	الباب الثاني : عامل التربة وكفاءة المحاصيل في امتصاص
242-237	والاستفادة من العناصر الغذائية
238	* كيف تحصل النباتات على احتياجاتها من العناصر الغذائية
	* توصيف عملية امتصاص وإستفادة نباتات المحاصيل من العناصر
239	الغذائية
247-243	الباب الثالث : ميكانيكية المقاومة لنقص العناصر
243	- إعادة توزيع العناصر
243	- كفاءة امتصاص العنصر
244	- كفاءة إنتقال العناصر والتجزئ
245	- السعة التبادلية الكاتيونية
245	* مستويات مقاومة أصناف المحاصيل لإجهاد نقص العناصر
245	- أصناف مقاومة لنقص العناصر
246	- أصناف ذات كفاءة (كفاء) للعناصر الغذائية
246	- أصناف تتحمل نقص العناصر
247	- أصناف تتجنب نقص العناصر

الباب الرابع: أسس مقاومة المحاصيل لإجهاد نقص العناصر

256-249 الغذائية

الصفات النباتية والمعايير الانتخابية

- الصفات الفينولوجية التطورية 249
- الصفات المورفولوجية 250
- الصفات الفسيولوجية 253
- الصفات الكيموحيوية 255

الباب الخامس: الاختلافات الصفية ومصادر التحمل لنقص

264-257 العناصر

- القمح ... (257) ... الشعير ... (258) ... الأرز ... (259)
- الذرة الشامية ... (260) ... الذرة الرفيعة ... (261)
- الترمس ... (262) ... الحمص ... (262)
- الفول السوداني ... (263) ... فول الصويا ... (263)
- السمسم ... (264).

الباب السادس : السلوك الوراثي لتحمل نقص العناصر في

275-265 المحاصيل الحقلية

- القمح (265) الشعير (267) الأرز (269)
- الراى (271) ... الذرة الشامية (271) .
- الذرة الرفيعة (272) ... فول الصويا ... (273).
- زهرة الشمس (275)

الباب السابع : إستراتيجيات التربية لتحمل نقص العناصر الغذائية

298-277 والمحصول

- العلاقة بين العناصر الغذائية والمحصول 277
- الدراسات التجريبية المتعلقة بكفاءة أصناف
- المحاصيل في الإستفادة من العناصر الغذائية 280

● كفاءة أصناف المعاصيل فى إستخدام العناصر	
الغذائية	287
- الكفاءة المحصولية	288
- الكفاءة الفسيولوجية	289
- كفاءة الاسترجاع الظاهرية	289
- الكفاءة الفسيولوجية المحصولية	289
- كفاءة الاستخدام (الاستفادة)	290
- كفاءة إستخدام النيتروجين	290
- دليل تحمل إجهاد النيتروجين	290
- الاستجابة للنيتروجين	290
● الانتخاب تحت ظروف البيئات ذات المدخلات الأقل	
من العناصر الغذائية	291
● العلاقة المتبادلة بين العناصر الغذائية	296
الباب الثامن : جهود التربية	308-299
● الانتخاب	299
● للتهجين والانتقال الكروموسومى	300
● دور التقنية الحيوية فى التربية لتحمل إجهاد نقص	
العناصر	301
- معلمات دنا	301
● تنظيم التعبير الجينى تحت ظروف إجهاد نقص	
العناصر	304
● موديلات المحاكاة وإجهاد نقص العناصر الغذائية ...	306

الباب التاسع : تقييم التراكيب الوراثية لتحمل نقص العناصر

315-309	..... الغذائية
309	- التقييم تحت ظروف مزارع بيئات الفيرميكوليت - الرملية
309	- التقييم تحت ظروف المزارع الصناعية (المحاليل المغذية).
311	- التقييم تحت ظروف البيوت المحمية
311	- التقييم فى أصص تحت ظروف البيوت المحمية
313	- التقييم باستخدام مزارع الأنسجة
314	- التقييم تحت الظروف الحقلية
315	- مقاييس تحمل نقص العناصر الغذائية

القسم الثالث

369-317	..... وراثية وتربية المحاصيل لتحمل زيادة أو سمية العناصر الغذائية
319	..... مقدمة

الباب الأول : العناصر الغذائية

● أولاً : العناصر الكبرى

321	- النيتروجين (321) ... الفوسفور (322)
	- البوتاسيوم (323) ... الكالسيوم (324)
	- الماغنسيوم (324) ... الكبريت (325)

● ثانياً : العناصر الصغرى

326	- الألومنيوم (326) ... المنجنيز (327).
	- البورون (329) ... الكلورين (330)
	- النحاس (330) ... الحديد (331)
	- الزنك (332) ... الرصاص (333)
	- الكاديوم (334) ... الكوبلت (335)

336	النيكل	.....	الزئبق	.....	(336)
336	الموليبدنم	.....			(336) ..
342-339	الباب الثانى : ميكانيكية السمية وطبيعة المقاومة				
348-343	الباب الثالث : أسس مقاومة المحاصيل لإجهاد سمية العناصر ...				
	الصفات النباتية والمعايير الانتخابية				
343	•	الصفات التركيبية و	المورفولوجية	.....	343
346	•	الصفات الكيموحيوية	.....		346
347	•	المحصول	.....		347
351-349	الباب الرابع : الاختلافات الصنفية ومصادر التحمل لسمية العناصر				
	-	القمح	(349) ... الشعير	(350) ... الأرز	(350) ..
	-	فول الصويا	(351) ..		(351) ..
358-353	الباب الخامس : السلوك الوراثى لتحمل سمية العناصر فى المحاصيل الحقلية				
	-	القمح	(353) ... الشعير	(354) ... الراى	(355) ..
	-	الأرز	(355) ... الذرة الشامية	(356) ...	(356) ...
	-	الذرة الرفيعة	(357) ... فول الصويا	(357) ...	(357) ...
	-	البرسيم الحجازى	(358) ...		(358) ...
363-359	الباب السادس : جهود التربية				
359	•	الانتخاب	.....		359
360	•	التهجين	.....		360
361	•	الاتجاهات الحديثة فى التربية لتحمل سمية العناصر	.....		361
361	-	دور معلمات دنا	.....		361

362	- زراعة الأنسجة
363	• مشاكل التربية لتحمل إجهاد العناصر
الباب السابع : العلاقة بين زيادة العناصر الغذائية ونمو وإنتاجية المحاصيل	
369-365	• الدراسات التجريبية المتعلقة بكفاءة أصناف المحاصيل في تحمل إجهاد سمية العناصر
365	• تقييم التراكم الوراثية لتحمل سمية العناصر
371	- التقييم باستخدام المزارع الصناعية (المحاليل المغذية)
372	- التقييم باستخدام الأصص
373	- التقييم باستخدام مزارع الأنسجة
373	- التقييم تحت الظروف الحقلية
374	• مقاييس تحمل المحاصيل لسمية العناصر
القسم الرابع	
462-377	وراثية وتربية المحاصيل لتحمل مبيدات الحشائش
379	مقدمة
الباب الأول : بعض المفاهيم والمصطلحات المتعلقة بطبيعة المقاومة لمبيدات الحشائش	
386-383	الباب الثاني : أسس مقاومة المحاصيل لمبيدات الحشائش
393-387	الصفات النباتية والمعايير الانتخابية
387	• الصفات المورفولوجية
391	• الصفات الكيموحيوية

الباب الثالث : الاختلافات الصنفية ومصادر التحمل لمبيدات الحشائش	
399-395	<ul style="list-style-type: none"> - القمح (395) الأرز (396) الذرة الشامية (397) - الفول البلدى (398) فول الصويا (399) - بنجر السكر (399)
الباب الرابع : السلوك الوراثى لتحمل مبيدات الحشائش فى المحاصيل الحقلية	
412-401	
401	التوريث المندى البسيط
402	<ul style="list-style-type: none"> • التوريث الكمى - القمح (407) الشعير (409) - الأرز (409) للذرة الشامية (409). - فول الصويا (410) زهرة الشمس (411) - الريب (412)
الباب الخامس : العلاقة بين تحمل مبيدات الحشائش والمحصول ..	
427-413	
416	• مبيدات الحشائش للموصى باستخدامها
423	• ميكانيكية ضرر المبيد للحشائش وعوامل الحماية للمحصول
الباب السادس : جهود التربية لتحمل مبيدات الحشائش	
455-429	
429	• التهجين
430	• الطفرات
432	• دور التقنية الحيوية فى التربية لتحمل مبيدات الحشائش
433	- معلمات دنا
435	- زراعة الانسجة

437	.....	- تقنية نقل الجين
441	.....	● الاتجاهات البحثية لتحمل مبيدات الحشائش في الريب
443	.....	- تحمل مبيد الاترازين
444	.....	- تحمل مبيد السلفوناميل يوريا
446	.....	- تحمل مبيد الجليفوسات
447	.....	- تحمل مبيد الجلوفوسينات أمونيوم
448	.....	- تحمل مبيد البروموكسينيل
448	.....	● تطور المقاومة للمبيدات في الحشائش
		● الامان الحيوي لأصناف المحاصيل المحورة وراثيا المتحملة
452	.....	لمبيدات الحشائش
454	.....	● مشاكل التربية لمقاومة مبيدات الحشائش
474-457		الباب السابع : تقييم التراكيب الوراثية لتحمل مبيدات الحشائش
457	.....	- التقييم في مزارع المحاصيل المغذية (الهيدروبونات)
		- التقييم في أصص في غرف النمو تحت ظروف البيوت
458	.....	الزجاجية
459	.....	- التقييم في أصص تحت ظروف البيوت المحمية
460	.....	- التقييم باستخدام مزارع الأنسجة
461	.....	- التقييم تحت الظروف الحقلية
462		● مقاييس تحمل أصناف المحاصيل لمبيدات الحشائش

القسم الخامس

488-463	.....	وراثية وتربية المحاصيل لتحمل الأشعة فوق البنفسجية
465	.....	مقدمة
		الباب الأول : الأساس الفسيولوجي والكيموحيوي لمقاومة تأثيرات
170-469	.....	الأشعة فوق البنفسجية طراز B-

الباب الثاني : الاختلافات الصنفية ومصادر المقاومة للأشعة فوق

- 473 - 471 B- البنفسجية طراز
الشعير (471) - الارز (471) - الذرة الشامية
(472) - القطن (472) - فول الصويا (472)

الباب الثالث : السلوك الوراثي لمقاومة تأثير الأشعة فوق

- 477-475 B- البنفسجية طراز
الأرابيدوبسيس (475) - الارز (476) - الذرة
الشامية (476) - فول الصويا (476) - اللفت (477)

الباب الرابع : جهود التربية ودور التقنية الحيوية

- 479 • للتهجين
479 • للطفرات
480 • نور معلمات دنا
482 • للتطويع الوراثي

الباب الخامس : تجارب تقييم أثر إستبعاد الأشعة فوق البنفسجية

- 488-483 على نباتات المحاصيل
- طرق تقييم مقاومة التراكيب الوراثية للأشعة فوق
485 B- البنفسجية طراز
485 - التقييم تحت ظروف غرف النمو
486 - التقييم في أصص تحت ظروف البيوت المحمية
487 - التقييم تحت الظروف الحقلية
488 • نظام التقييم

489 المراجع

القسم الأول

وراثة وتربية المحاصيل
لتحمل الملوحة

*Genetics and Breeding Crops
for Salinity Tolerance*

القسم الأول

وراثة وتربية المحاصيل لتحمل الملوحة Genetics and Breeding Crops for Salinity Tolerance

مقدمة

تعتبر زيادة الرقعة الزراعية باستصلاح المزيد من الأراضي القابلة للزراعة بالمناطق الصحراوية من الضرورات الملحة للتنمية.

وتعتبر الملوحة واحدة من أهم المشاكل التي تواجه المشتغلين في مجال الإنتاج الزراعي في عديد من مناطق العالم . وتزداد خطورة هذه المشكلة في المناطق الجافة وشبه الجافة ، مع ندرة الأمطار وعدم كفاية كميات مياه الري لغسيل الإملاح في مجال إنتشار الجذور ، كما تحدث الملوحة أيضا في المناطق المروية عند إستخدام مياه ري ذات جودة منخفضة ، الأمر الذي يؤثر على الإنتاج المحصولي كماً ونوعاً.

وتقدر مساحة الأراضي الملحية على مستوى العالم بنحو 955 مليون هكتار ، أما الأراضي المروية فتقدر بنحو 230 مليون هكتار ، وتقدر المساحة المتأثرة بالملوحة بنحو الثلث أي حوالي 77 مليون هكتار (Metternicht and Zinck , 2003) .

ومع توقع وصول عدد سكان العالم إلى 10 بليون نسمة بحلول عام 2050 ، فإن زيادة الطلب والحاجة إلى الغذاء ، يتطلب بذل مزيداً من الجهد

لزراعة الأراضي الهامشية Marginal soils والتي تعاني من مختلف المشاكل ومنها الملوحة.

ويعتبر تحسين الأقلمة الوراثية لأصناف المحاصيل بما يُمكن النبات من النمو في الأراضي المتأثرة بالملوحة جنباً إلى جنب مع إتباع الإجراءات الزراعية المناسبة وإستغلال التوافق بين الصنف المحسن وبيئته، من الإستراتيجيات الهامة في التعامل مع مشكلة الملوحة.

الباب الأول

محاصيل الحقل وتحمل الملوحة Field Crops and Salinity Tolerance

مفهوم الملوحة وتأثيراتها على نباتات المحاصيل :

تعرف الملوحة بأنها حالة زيادة مستوى الأملاح في التربة وزيادة الضغط الأسموزي للمحلول الأرضي ، الأمر الذي يتطلب بذل النبات مزيداً من الجهد لاستخلاص حاجته من الماء والعناصر الغذائية ، ويكون ذلك على حساب نموه وإنتاجه ، هذا إلى جانب التأثيرات المصاحبة لسمية الأيونات وعدم اتزان العناصر .

وتنشأ الملوحة نتيجة إذابة الأملاح من الصخور الأولية وعدم غسيلها بالقدر الكافي نظراً لندرة الأمطار ، كما تتكون نتيجة زيادة معدل النتح بخر مع ارتفاع درجة الحرارة في المناطق الجافة وشبه الجافة ، وتحدث الملوحة أيضاً في المناطق المروية مع سوء الصرف أو عند استخدام مياه ري منخفضة الجودة ذات أثر تملحي إلى جانب الاستخدام غير المنظم للأسمدة الكيماوية .

وتقسم الأراضي المتأثرة بالأملاح حسب نوع الأملاح الموجودة وخصائصها الطبيعية وتوزيعها الجغرافي وتأثيراتها البيولوجية على النباتات النامية إلى ما يلي :

1- الأراضي الملحية Saline soils

تتميز الأراضي الملحية بارتفاع درجة التوصيل الكهربائي في المستخلص المشبع منها عن 4 ملليموز في درجة حرارة 25 م وإنخفاض مقدار الصوديوم

المتبادل عن 15% من السعة التبادلية لكاتيونات الأرض ونقص رقم الحموضة عن 8.5 . وتتنصر مشكلة الأراضي الملحية في وجود الأملاح الذائبة بتركيزات زائدة ، وخاصة الكلوريدات والكبريتات وأحياناً النترات والبيكربونات وتغيب عادة الكربونات الذائبة . وتوجد أملاح غير ذائبة مثل كبريتات الكالسيوم وكربونات الكالسيوم والماغنسيوم . وتكون كاتيونات الكالسيوم والماغنسيوم هي الكاتيونات الرئيسية الموجودة ، ولا توجد مشكلة زيادة نسبة الصوديوم المتبادل . وكثيراً ما توجد بهذه الأراضي قشرة من الأملاح على السطح ، كما تزداد الأملاح عادة في الطبقة السطحية وتقل في الطبقات السفلى قبل إستزراعها ثم بعد الإستزراع والرى تتغير الحالة . ونجد أن حبيبات الأرض عادة متجمعة والأرض جيدة النفاذية . وقد قسمت الأراضي الملحية على أساس درجة ملوحتها وتأثير ذلك على نباتات المحاصيل إلى خمسة أقسام (جدول 1 - 1) .

جدول (1-1) : مجموعات الأراضي الملحية وعلاقة ذلك بنمو المحاصيل :

طراز الملوحة	درجة التوصيل (ديسيمتر / م)	التأثير على نبات المحصول
1- غير ملحية Non saline	صفر - 2	لا تحدث أضرار للنباتات
2- ملحية خفيفة Slightly saline	2-4	قد تتأثر إنتاجية المحاصيل الحساسة
3- متوسطة الملوحة Moderately saline	4-8	تتأثر إنتاجية معظم المحاصيل
4- شديدة الملوحة Strongly saline	8-16	ينمو فيها أصناف المحاصيل المتحملة بصورة مرضية
5- شديدة الملوحة جداً Very strongly saline	< 16	ينمو فيها أصناف المحاصيل عالية التحمل بصورة مرضية

ويمكن إستصلاح الأراضي الملحية عن طريق غسيل الأملاح من التربة بمياه ذات صفات جيدة لإذابة الأملاح وإزالتها من منطقة الجذور ، مع الاهتمام بعملية الصرف وزراعة أنواع وأصناف المحاصيل المتحملة للملوحة .

2- الأراضي القلوية (الصودية) Alkali (Sodic) soils

تتميز الأراضي القلوية بانخفاض درجة التوصيل الكهربائي لمستخلص عجينة التربة عن 4 ملليموز في درجة حرارة 25° م وإرتفاع مقدار الصوديوم المتبادل عن 15% من السعة التبادلية لكاتيونات الأرض وإرتفاع رقم الحموضة عن 8.5 ويصل إلى 10 كما هو الحال في الأراضي المصرية .

وتتميز هذه الأراضي باكتسابها لوناً داكناً أسود نتيجة ذوبان المادة العضوية في الـ pH المرتفع ، وتغطية حبيبات الأرض بهذا اللون . كما تصبح الأرض مفرقة وتحتفظ بالماء بدرجة أكبر نظراً لإرتفاع نسبة الصوديوم على أسطح غرويات الأرض وكذا إرتفاع درجة الحموضة .

ويحتوي محلول الأراضي القلوية على أيونات الكلوريد والكبريتات والكربونات والبيكربونات .

وتسود الأراضي القلوية في المناطق الجافة Arid وشبه الجافة Semi-arid بسبب انخفاض معدل سقوط الأمطار السنوي عن 20 بوصة والذي ينخفض في المناطق الجافة عن 10 بوصة ، وبالتالي لا تكفي هذه الأمطار غسيل القواعد . وتقسّم الأراضي القلوية إلى خمس مجاميع على حسب التأثير على النمو ومتوسط أداء الصنف المحصولي (جدول 1-2) .

بيد أن الأراضي القلوية هي مرحلة تالية للأراضي الملحية وبسبب زيادة تركيز الصوديوم فإن هذه الأراضي تفقد أهم خواصها الفيزيائية وهو البناء الذي يتهدم ، فتفقد قدرتها على توصيل الماء وتساء تهويتها ولا تستعيد هذه الخاصية إلا بعد إجراء الاستصلاح Reclamation باستخدام الجبس الزراعي Gypsum وهو على صورة كبريتات كالسيوم ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) والذي يضاف للتربة بمعدل 5 طن /فدان قبل الحرث .

جدول (1-2) : نسبة الصوديوم المتبادل ESP فى الأراضي القلوية وعلاقته بالضرر الحادث على نمو ومتوسط أداء المحصول.

ملاحظات	الضرر	طراز ESP
تتأثر فقط المحاصيل الحساسة	لا يوجد	صفر-15
	خفيف إلى متوسط	15-30
	متوسط إلى عالي	30-50
	عالي إلى عالي جداً	50-70
تستطيع النمو فقط أنواع الحشائش المتحملة المتوطنة في بيئتها.	شديد الارتفاع	70 فأكثر

حيث يحل الكالسيوم الذائب من الجبس محل الصوديوم على معقد التبادل، وتتكون كبريتات الصوديوم التي تتحرك لأسفل مع حركة ماء الري بعيداً عن مجال إنتشار الجذور . ويؤدي إحتلال الكالسيوم على سطوح حبيبات التربة إلى تجمع الحبيبات مكوناً وحدات بناء جديدة فى شكل تجمعات فتستعيد التربة بناءها الذى فقدته وتحسن تهويتها ونفاذيتها .

3- الأراضي الجيرية Calcareous soils

في المناطق الجافة التي يقل معدل سقوط الأمطار فيها عن 250 مم سنوياً يتجمع الجير في قطاع التربة على أبعاد مختلفة وتزيد الأضرار الناجمة عن تجمع الجير كلما اقتربت منطقة التجمع من مجال إنتشار المجموع الجذري. وتحتوى الأراضي الجيرية أساساً على كربونات الكالسيوم وأحياناً كربونات الماغنسيوم . وتصل نسبة وجود أملاح كربونات الكالسيوم فى الأراضي الجيرية من 8 - 10 % وقد تصل أحياناً إلى حوالي 60-70% من وزن التربة . بينما تقل هذه النسبة في بعض الحالات إلى 2-3% . توجد كربونات الكالسيوم في الأراضي الرملية والطينية وتمثل نسبة من مكونات القوام في

الأراضي الجيرية .. وعندما تزيد نسبتها قد تتجمع على شكل طبقة صماء داخل قطاع التربة وفوق مستوى الماء الأرضي العادي فتتجمع المياه فوقها مكونة مستوى ماء أرضي جديد يطلق عليه مستوى الماء الأرضي المعلق والذي يتم التخلص منه عن طريق إستخدام محاريث تحت التربة لإزالة هذه الطبقة . وتنتشر هذه الأراضي في الساحل الشمالي الغربي من الإسكندرية حتى الحدود الغربية لمصر وجنوبا لمسافة 80 كم.

ويمكن تلخيص الأضرار الناجمة عن تجمع الجير في الأراضي الجيرية فيما يلي :

- 1- إرتفاع الرقم الهيدروجيني ومن ثم إنخفاض صلاحية العديد من العناصر الغذائية والتي تزداد صلاحيتها داخل مدي 5.5 إلى 7.
- 2- إمتصاص الفوسفور على سطوح كربونات الكالسيوم والماغنسيوم ويتحول بذلك إلى صورة أقل صلاحية لإمتصاص النبات.
- 3- إعاقة انتشار جذور المحاصيل.

وتزداد حدة الضرر الأول عند زيادة محتوى التربة من الماء حيث يتفاعل مع كربونات الكالسيوم مكوناً أيونات الأيدروكسيل بالإضافة إلى انطلاق الكالسيوم والبيكربونات كما هو موضح من المعادلة التالية :-



ويترتب على زيادة محتوى التربة من البيكربونات (HCO_3) إنخفاض صلاحية الحديد إذ يتحد كاتيون الحديدوز (Fe^{++}) الصالح للامتصاص مع البيكربونات مكونا كربونات حديد وهي في وجود الماء تكون أولكسيد حديديك .. والحديد على هذه الصورة غير صالح للامتصاص كما هو موضح من المعادلة التالية :-



كما أن أيونات البيكربونات يزداد إمتصاصها بواسطة النباتات وتؤدي إلى ترسيب الحديد داخل الجذر فلا ينتقل بين أجزاء النبات... كذلك لوحظ زيادة إمتصاص الفوسفات وهي تؤدي إلى ترسيب الزنك داخل النبات على صورة فوسفات فيظهر على النبات أعراض نقص هذه العناصر الثلاث.

بيد أن الأراضي الجيرية تعاني من إنخفاض صلاحية الحديد ولذلك تظهر على النباتات أعراض نقصه في صورة تبرقش الأوراق وهي عبارة عن بقع واضحة صفراء أو بيضاء تظهر بين اللون الأخضر المميز لها .. كذلك تعاني الأراضي الجيرية من نقص النيتروجين والفوسفور وكذلك من نقص الزنك لذلك ينبغي الاهتمام بالتسميد النيتروجيني والفوسفاتي في هذه الأراضي وإضافة الحديد والزنك أيضاً ، والمعتاد أن إضافة على صورة مخلبية Chelates لضمان عدم تحولهما مرة أخرى إلى صورة غير صالحة للإمتصاص.

وفيد ثاني أكسيد الكربون المنطلق من أثر تنفس المجموع الجذري وبقية كائنات التربة في تقليل الأثر الضار الناجم عن إرتفاع الرقم الهيدروجيني في الأراضي الجيرية .. لذلك تفيد إضافة الأسمدة البلدية وبقايا نباتات المحاصيل في زيادة محتوى التربة من ثاني أكسيد الكربون.

يمكن زراعة العديد من محاصيل الحقل في الأراضي الجيرية .. إذ يمكن زراعة محاصيل العلف الأخضر كالبرسيم الحجازي وكذلك يمكن زراعة القمح والشعير والأرز والقطن والذرة الشامية وبنجر السكر والبطاطس .. وبدرجة أقل يمكن زراعة الذرة الرفيعة والفل.

4- الأراضي الحامضية Acidic soils

تسود الأراضي الحامضية في المناطق للرطوبة Humid وشبه الرطوبة Sub-Humid في وسط أوروبا ، حيث يزيد معدل سقوط الأمطار السنوي عن 20 بوصة. وتسبب غزارة الأمطار غسيل القواعد (كالسيوم - ماغنسيوم - صوديوم - بوتاسيوم) من على سطوح حبيبات التربة وتُصرف مع الماء بعيداً عن مجال المجموع الجذري ، وبالتالي يحتل الأيدروجين مواقع القواعد على سطوح حبيبات التربة وتتراوح درجة الحموضة من 3 إلى 8.

تعاني الأراضي الحامضية من انخفاض صلاحية العناصر الغذائية بسبب انخفاض نشاط البكتريا المسؤولة عن زيادة محتوى التربة من النيتروجين عن طريق التثبيت من الهواء الجوي أو عن طريق أكسدة المادة العضوية وزيادة محتواها من النيتروجين. كذلك تنخفض صلاحية الفوسفور بسبب زيادة تركيز إيدروكسيدات الحديد والألومنيوم والتي تتحد مع الفوسفات مكونة فوسفات حديد وفوسفات ألومنيوم وهي لا تذوب في الماء فتترسب في محلول التربة ولا يمكن لنباتات المحاصيل الاستفادة منها.

تعاني الأراضي الحامضية أيضاً من زيادة غير مرغوبة في تركيز العناصر الغذائية الصغرى مثل الحديد والمنجنيز والنحاس وهي كاتيونات تزداد صلاحيتها كلما زادت حموضة التربة حيث تحدث نوع من التضاد Antagonism لامتصاص عناصر غذائية أخرى وبالتالي تظهر أعراض نقص التغذية بهذه العناصر . وتختلف قدرة نباتات المحاصيل على تحمل زيادة تركيز العناصر الغذائية الصغرى وبالتالي تختلف قدرتها على تحمل ظروف التربة الحامضية . ومن أمثلة هذه المحاصيل الراي والشوفان حيث تتحمل هذه النباتات

إنخفاض حموضة التربة حتى رقم هيدروجيني 4.5 ، في حين لا يتحمل بنجر السكر أو البرسيم الحجازي هذا الانخفاض.

المعتاد استخدام الجير في استصلاح الأراضي الحامضية لرفع قاعدتها إلى رقم هيدروجيني 6.5 أي تصبح الأرض خفيفة الحموضة حيث تزداد صلاحية جميع العناصر الغذائية.

ملوحة مياه الري ومدى صلاحيتها .

Saline irrigation water and its validity

تحتوي مياه النيل على أملاح ذائبة تبلغ 250 جزء في المليون عند البداية (أسوان) تزداد تدريجياً حتى تبلغ 750 جزء في المليون عند المصب (البحر المتوسط) . ويسبب وجود بعض الأيونات بتركيزات متباينة في مياه الري كالكالسيوم ، والصوديوم ، والبيورون ... وغيرها ، تأثيراً ساماً فيقل نمو المحصول ويتأثر إنتاجه . على أن هذا الضرر يتوقف على مقاومة المحاصيل لتلك الأيونات ، فقد يكون تركيز معين لأيون ضاراً بالنسبة لمحصول دون آخر . وفي الوقت الذي تظهر فيه سمية بعض الأيونات على محصول دون أن يؤثر ذلك على نموه وإنتاجه ، يتأثر نمو وإنتاج محصول آخر ينمو تحت نفس الظروف دون أن تظهر علامات السمية عليه إلا متأخراً . ويتوقف التأثير للمسام لبعض الأيونات على حساسية المحصول وعلى كمية الأيون المتراكم وعلى الظروف الجوية وتركيز الأيون في ماء الري ، وعلى الاحتياجات المائية ، وأسلوب الري وغسيل الأملاح.

وتؤثر نوعية مياه الري على نمو وإنتاجية المحاصيل وتتحدد برقم الحموضة pH ودرجة التوصيل الكهربائي ومحتوى المياه من المواد الصلبة الذائبة ، وتركيز الأيونات المختلفة وهي الكالسيوم ، والصوديوم ،

والماغنسيوم، الكربونات ، والبكربونات ، والكلوريدات ، والكبريتات . فتوجد الكربونات عندما يزيد رقم الحموضة عن 8.5 . وتوجد علاقة بين درجة التوصيل الكهربى للتربة والأملاح الكلية الذائبة في التربة. حيث أن الماء الذي يحتوى على 640 ملليجرام / لتر من الأملاح يكون توصيله الكهربائي حوالى 1.0 ديسيومتر/م.

ومن الأيونات الأخرى التي تحدد نوعية مياه الري هي البورون ، والسيلينيوم والليثيوم وهي توجد بنسب بسيطة جداً إلا أنها تكون سامة للنبات عند مستويات معينة . وتحتوى مياه الري كذلك على الفوسفات PO_4 ، والنترات NO_3 ، والبوتاسيوم K . فالنترات مفيدة للنباتات إلا أنها خطيرة إذا استعملت المياه للشرب.

وتؤثر الملوحة الزائدة على الإجهاد الرطوبي ، فالماء عند السعة الحقلية يكون ممسوكاً بقوة قدرها $\frac{1}{10} - \frac{1}{3}$ بار . وهي تمثل الحد الأقصى لتيسر الرطوبة في التربة ، وهنا يجب على النبات أن يبذل جهداً قليلاً لامتصاص الماء من التربة عند السعة الحقلية ، يزداد رويداً حتى يصل إلى الحد الأدنى لتيسر الرطوبة عند الذبول. فمع زيادة تركيز الأملاح عن 4 ملليموز (أرض ملحية) سيزيد الإجهاد الرطوبي عند السعة الحقلية عن $\frac{1}{10} - \frac{1}{3}$ بار بسبب زيادة المكون الاسموزي والذي يؤثر على نمو المحاصيل فلا يستطيع محصول مثل القمح أن ينمو وينتج عند -0.6 بار.

التأثير الخاص للأيون Specific ion effect

وهو تأثير تركيز زائد من أيون معين على مختلف العمليات الفسيولوجية فى محصول معين . فبعض المحاصيل تتحمل زيادة تركيز أيون معين عن

محاصيل أخرى . فتتحمل نباتات الأرز والبنجر زيادة تركيز الصوديوم حيث يمكنها أن توظفه بدلاً من البوتاسيوم في عمليات البناء ، إلا أنها حساسة لزيادة تركيز الكلوريد Cl . ويتحمل نبات الطماطم زيادة تركيز الكلوريد Cl ولا يتحمل زيادة تركيز الصوديوم . وتتحمل نباتات الذرة الشامية ملح كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ ، في حين تضار بشدة المحاصيل للبقولية ، وهو تأثير خاص وليس تأثير عام . ولا شك أن زيادة حساسية النبات لأيون معين في حالة وجوده بتركيز مرتفع يؤدي إلى التأثير على فسيولوجي النبات وقد يصل إلى حد السمية.

1- الكلوريد :

يتحرك الكلوريد في التربة بحرية حيث أنه لا يدخل في تفاعلات تبادل أيوني مع معقد التربة ، وهو بالإضافة إلى ذلك لا يعتبر عنصراً غذائياً للمحاصيل . يتراكم الكلوريد في أوراق النبات وتظهر سميته على المحاصيل الحساسة عندما تتعدى نسبته 0.3-1.0% من الوزن الجاف للأوراق . وهناك قيود متوسطة على استخدام مياه الري بالرش إذا احتوت على كلوريد يزيد تركيزه عن 3 ملليجرام/لتر ونسبة إدمصاص الصوديوم SAR بين 3 إلى 9.

2- الصوديوم :

تظهر سمية الصوديوم عند تراكمه بتركيز يزيد عن 0.25-0.5 % من الوزن الجاف لأنسجة الأوراق . وهناك قيود على استخدام المياه للري بالرش عند احتوائها على ما يزيد عن 3 ملليجرام /لتر من الصوديوم ونسبة إدمصاص الصوديوم بين 3-9 ، إلى جانب التأثير غير المباشر لزيادة نسبة الصوديوم المتبادل على تدهور خواص الأراضي وقلة مساهمتها وبالتالي التأثير على نمو

المحاصيل . وتستخدم نسبة الصوديوم المتبادل (ESP) كمقياس لسميته لبعض المحاصيل .

غير أن عنصر الصوديوم يكون ضرورياً للأنواع النباتية المحبة للملوحة Halophytic plants والتي تجمع الملح في الفجوات للمحافظة على ضغط الامتلاء والنمو . ولقد لوحظ التأثير المفيد لعنصر الصوديوم على نمو النباتات تحت ظروف الأراضي المنخفضة في محتوى البوتاسيوم ، حيث يحل أيون الصوديوم Na^+ جزئياً محل أيون البوتاسيوم K^+ . ولقد صنفت المحاصيل حسب قدرتها على إمتصاص الصوديوم إلى الأقسام الآتية (جدول 1-3) :

(جدول 1-3) : القبرة على إمتصاص الصوديوم في المحاصيل المختلفة

عالية .	متوسطة	منخفضة	منخفضة جداً
بنجر العلف	القطن	الشعير	القمح الأسود
بنجر السكر	الترمس	الكتان	الذرة الشامية
بنجر المائدة	الشوفان	الدخن	الراى
البنجر السويسرى	البطاطس	الريب	فول الصويا
السبانخ	الكرنب	القمح	السويدا
المانجولد	جوز الهند		
	المطاط		
	اللفت		

3- البورون

يعتبر البورون من العناصر الضرورية لنمو النبات ، إلا أنه يصبح ساماً عند وجوده في مياه الري بتركيز يزيد عن 1-2 ملليجرام /لتر . وتظهر سمية البورون على النباتات عندما يصل تركيزه في نصل الورقة إلى 250-300

ملليجرام/كجم وزن جاف. ويفيد تحليل التربة ومياه الري في التأكد من التأثير السلبي للبورون. وهناك قيود على استخدام المياه للري بالرش عند احتوائها على ما يزيد عن 0.7 مليجرام/لتر ونسبة إدمصاص الصوديوم (SAR) بين 3-9 . وتكون القيود أعلى إذا زاد تركيزه على 3 مليجرام/لتر ونسبة إدمصاص الصوديوم عن 9 . وتعتبر محاصيل القمح والشعير وزهرة الشمس والسمسم والقرمس والفاصوليا واللوبيا من المحاصيل الحساسة للبورون ، في حين تعتبر محاصيل البنجر والبرسيم والذرة الشامية مقاومة لسمية البورون ، بينما القطن من المحاصيل عالية المقاومة للعنصر .

4- العناصر النادرة في مياه الري :

تحتوى مياه الري العادية على نسب ضئيلة جداً من العناصر النادرة تقل عن 100 ميكروجرام/لتر . وتحتوى المياه الجوفية على تركيزات تزيد عما تحتويه المياه السطحية . وتحتوى مياه الصرف الصحي والمياه الملوثة على تركيزات عالية من العناصر النادرة . وعلى الرغم من أن بعض العناصر النادرة تكون ضرورية لنمو النبات كالمنجنيز ، والحديد ، والزنك ، والنحاس ، والكوبلت ، والموليبدنم ، إلا أن زيادة تراكمها بالأنسجة النباتية يصبح ساماً. كما تسبب المعادن الثقيلة مثل الكاديوم ، والزرنيخ ، والرصاص ، والكروميوم ، والنيكل ، والخارصين التي توجد في المياه الملوثة الناتجة من الصناعات تلوثاً للبيئة وضراً للنبات والإنسان والحيوان على حد سواء. ويبين جدول (1-4) الحد الأقصى لتركيز بعض العناصر النادرة في مياه الري .

جدول (1-4) : الحد الأقصى لتركيز بعض العناصر النادرة في مياه الري.

التركيز (مجم / لتر)	العنصر
5.0	المونيوم
0.1	بيريليوم
0.01	كاديوم
0.05	كوبلت
0.1	كروم
0.2	نحاس
1.0	فلوريد
0.01	موليبدينم
5.0	حديد
2.5	ليثيوم
0.2	منجنيز
0.2	نيكل
5.0	رصاص
0.02	سيلينيوم
0.1	فناديوم
2.0	خارصين
لا يمتصه النبات	قصدير
لا يمتصه النبات	تيتانيوم
لا يمتصه النبات	تلجستن
0.1	زرنيك

(عن : Pratt, 1972)

تقييم صلاحية مياه الري :

لقد أمكن وضع دليل لتقييم صلاحية مياه الري للاستخدام اعتماداً على الملاحظات والدراسات التفصيلية للمشاكل التي تنشأ عن استخدام مياه ذات صفات معينة على المدى الطويل على أساس ، نسبة الملوحة والسمية والمشاكل الأخرى . وقد استخدم هذا الدليل لتقييم صلاحية المياه للاستخدام الزراعي وطبق على المياه (جدول 1-5) .

جدول (5-1) : أقسام جودة المياه وعلاقتها بتركيز الأملاح وزراعة المحاصيل :

القسم	محتوى المياه من الأملاح		الصلاحية
	مليوموز / سم	جزء في المليون	
ماء منخفض الملوحة	$0.75 >$	$500 >$	يمكن استخدام هذه المياه في ري معظم المحاصيل مع وجود احتمال ضعيف لتطور مشاكل الملوحة . لذا يجب إجراء بعض الغسيل .
ماء متوسط الملوحة	$1.5 - 0.75$	$1000 - 500$	يمكن استخدام هذه المياه في حالة إجراء غسيل متوسط وزراعة المحاصيل متوسطة التحمل ، دون إتباع إجراءات خاصة.
ماء عالي الملوحة	$3 - 1.5$	$2000 - 1000$	يؤدي استخدام هذه المياه إلى حدوث تأثيرات ضارة على معظم المحاصيل ولذا تستخدم في الأراضي جيدة الصرف مع زراعة المحاصيل المتحملة للملوحة وإجراء عملية غسيل الأملاح مع بعض الإجراءات الخاصة.
ماء عالي الملوحة جداً	$7.5 - 3$	$5000 - 2000$	هذه المياه غير مناسبة للري ، إلا تحت شروط خاصة جداً مع ضرورة الصرف الجيد وزراعة المحاصيل عالية التحمل للملوحة وإجراء عملية غسيل للأملاح.

(عن : عبد العال وآخرون، 1997)

تأثيرات الملوحة على نباتات المحاصيل :

تعتبر تأثيرات الملوحة على نمو النبات ظاهرة معقدة مسئول عنها الإجهاد الاسموزي وسمية الأيونات ونقص العناصر الغذائية.

كما تحدث تأثيرات الملوحة نتيجة إشترك عامل أو أكثر من هذه العوامل ، بما يؤدي إلى اضطراب العمليات الكيموحيوية والفسولوجية التي تدور في فلك النبات . ويكون تأثير الإجهاد الاسموزي فاعلاً في البداية

(عدة ساعات إلى عدة أيام قلائل) من التعرض للملوحة ، وتصبح تأثيرات سمية الأيونات واضحة على نمو النبات مع طول فترة التعرض .

وتعاني أصناف المحاصيل كثيراً تحت ظروف الملوحة ، نظراً لزيادة الجهد الرطوبي الكلي وزيادة الطاقة التي يبذلها النبات لاستخلاص حاجته من الماء والعناصر الغذائية . وعموماً يمكن حصر التأثيرات الضارة للملوحة على النبات في النقاط الآتية :

- 1- إنتاج فوق الأكاسيد والأنواع الأكسجينية النشطة التي تؤدي إلى هدم الليبيدات والصبغات والبروتين والحمض النووي دنا في النبات.
- 2- التجميع العكسي للكروماتين ومنع عملية النسخ والترجمة لدنا.
- 3- زيادة لزوجة الكروماتين في أنوية الإبيدرم وخلايا القشرة.
- 4- تثبيط النشاط الميرستيمي وإحداث خلل للكروموسومات في طور الانفصالي بخلايا الجذر الميرستيمية.
- 5- نقص أعداد الميتوكوندريا وحدوث تضخم لأجسام جولجي والأغشية الأندوبلازمية.
- 6- فقد سلامة الغشاء البلازمي وضرر الغشاء الخلوي نتيجة صدمة الأغشية ، عند التركيزات الاسموزية العالية المصاحبة للملوحة المرتفعة في الوسط المحيط بالنبات.
- 7- خفض كفاءة إنزيم Ribulose – bis – phosphate carboxylase , Nitrate reductase , Oxygenase ونقص محتوى حمض الأسكوربيك والسيتوكينين .
- 8- نقص تيسر العناصر الغذائية ونقص محتوى النبات من الماء ، وحدوث تغيرات فسيولوجية منها التأثير على معدل إستطالة وإنقسام الخلايا .

9- تؤثر الملوحة بطريق غير مباشر على التمثيل الضوئي لوحدة المساحة الورقية نتيجة إنغلاق الثغور إلى جانب التأثير المباشر على اضطراب جهاز التمثيل الضوئي . وتؤثر الملوحة على معدل التمثيل الضوئي للنبات ككل بنقص تمدد وإنسباط الأوراق، ومن ثم نقص إنتاج المادة الجافة والمحصول.

10- نقص نمو الجذور الأولية ودرجة تفرعها وسوبرة الهيبودرمس والاندودرمس.

11- التقاف الأوراق وإصفرار وإحتراق قمته.

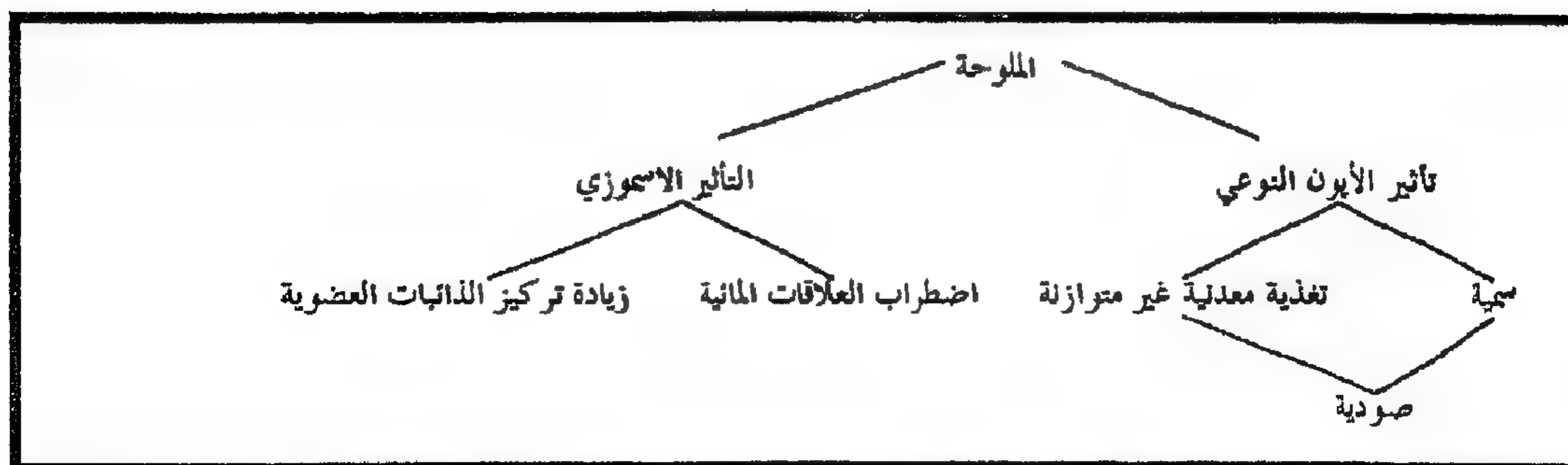
12- زيادة قتامة لون الورقة وزيادة الغضاضة وإنخفاض النمو وصغر حجم النبات.

13- تؤثر الملوحة الزائدة على الإجهاد الرطوبي ، بسبب زيادة المكون الاسموزي فيقوم النبات باستنفاد مركبات الطاقة من ATP, ADP, AMP UTP , UDP - glucose في إمتصاص حاجته من الماء والعناصر الغذائية ، الأمر الذي يؤثر على نمو ومحصول النبات.

14- سمية النبات وموته ، في حالة تراكم الأيونات بمستوى يفوق الحد الحرج للتحمل. .

15- ظهور بقع خالية من النباتات في الحقل وإنخفاض محصول وحدة المساحة.

ويوضح شكل (1-1) تأثير الملوحة والقلوية على النبات



شكل (1-1) : تأثير الملوحة والقلوية على النبات (عن: Lauchli and Epstein, 1990)

تحمل محاصيل الحقل للملوحة

Tolerance of field crops to salinity

لقد أسفرت نتائج البحوث العلمية إلى تصنيف المحاصيل حسب تحملها للملوحة إلى حساسة ومتوسطة الحساسية ومتوسطة التحمل ومتحملة وعالية التحمل . وتختلف درجة تحمل المحاصيل للملوحة بعوامل عديدة منها ما هو متعلق بالنوع النباتي وصنف المحصول ومرحلة النمو إلى جانب ظروف البيئة المحيطة .

العوامل المؤثرة على تحمل المحاصيل للملوحة

أ- نوع المحصول والصنف المنزرع

تختلف المحاصيل في تحملها للملوحة ، كما تختلف أصناف النوع الواحد من المحصول في درجة التحمل. وتتباين المحاصيل في القدرة على الحياة وإعطاء محصول مرضي عند زراعتها في الأراضي المتأثرة بالأملاح . فعند وصول درجة التوصيل الكهربائي إلى 4 ملليموز تصبح الأراضي ملحية وتظل تزداد درجة التوصيل لتصل إلى درجات عالية . وتحمل بعض محاصيل الحقل درجات منها في حدود 16 ملليموز . وتقسم محاصيل الحقل حسب تحملها للملوحة إلى المجاميع الآتية :

- 1- محاصيل حساسة : وتشمل الأرز والسمسم ومحاصيل البقول مثل العدس ، الترمس وفول المانج .
- 2- محاصيل متوسطة الحساسية : وتشمل الذرة الشامية ، الفول السوداني ، الحمص ، البرسيم الحجازي ، البرسيم الأبيض ، الفول البلدي ، قصب السكر ، الكسافا والبطاطس .

3- محاصيل متوسطة التحمل : الذرة الرفيعة، القمح ، الدخن ، فول الصويا ، القرطم ، عباد الشمس ولوبيا العلف.

4- محاصيل متحملة : وتشمل الشعير ، القطن ، بنجر السكر ، الشوفان ، الراى ، الترتيكا ، الجوار ، الكانولا والريب .

5- محاصيل عالية التحمل : وتشمل القطف ، الكوخيا ، الجوجوبا ، المانجروف ، حشيشة القمح (الأجروبيرون) ، حشيشة الروداس ، حشيشة الملح ، حشيشة البانيكم وحشيشة الجاموس .

هذا وقد قسمت المحاصيل على حسب التحمل النسبى للملوحة على أساس مستوى الملوحة المقابل لـ 50 % انخفاض فى المحصول إلى ثلاثة أقسام كما هو موضح بجدول (1 - 6) .

جدول (1-6) : تصنيف محاصيل الحقل حسب درجة تحملها النسبى للملوحة

المحصول	التصنيف
المحاصيل البقولية مثل الفول البلدى ، العدس ، الحمص ، الترمس ، البرسيم الأبيض والبرسيم الأحمر ومن العائلة السمسمية السمس .	1- محاصيل منخفضة التحمل للملوحة (حساسة) : Low salt tolerance لا تستطيع نباتات هذه المحاصيل أن تتحمل ملوحة تزيد عن 4 ملليموز / سم عند 25° م
الراى ، القمح ، الشوفان ، الأرز ، الذرة الرفيعة ، الذرة الشامية، الكتان ، زهرة الشمس ، الخروع ، البرسيم الحجازى وحشيشة السودان .	2- محاصيل متوسطة التحمل للملوحة : Moderate salt tolerance تتحمل هذه المحاصيل درجة ملوحة تتراوح بين 4-10 ملليموز / سم عند 25° م .
الشعير ، بنجر السكر ، الريب ، القطن ، حشيشة الملح ، حشيشة البرمودا ، حشيشة الروداس	3- محاصيل عالية التحمل للملوحة : High salt tolerance تتحمل نباتات هذه المحاصيل درجة ملوحة تتراوح بين 10 - 16 ملليموز / سم عند 25° م .

(عن : عبد العظيم ، 1997)

كما يوضح جدول (1 - 7) تحمل المحاصيل النسبى لملوحة مياه الري وملوحة الأرض وتأثير ذلك على الإنتاجية

جدول (7-1): تحمل المحاصيل النسبي لملوحة مياه الري (EC_w) وملوحة الأرض (E_c_e) وتأثير الملوحة على الإنتاجية .

أ - المحاصيل الحقلية

الإنتاجية النسبية من المحصول الأقصى										المحصول
صفر %		50 %		75 %		90 %		100 %		
EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	
19.0	28.0	12.0	18.0	8.7	13.0	6.7	10.0	5.3	8.0	الشعير
18.0	27.0	12.0	17.0	8.4	13.0	6.4	9.6	5.1	7.7	القطن
16.0	24.0	10.0	15.0	7.5	11.0	5.8	8.7	4.7	7.0	بنجر السكر
8.7	13.0	6.7	9.9	5.6	8.4	5.0	7.4	4.5	6.8	السورج
13.0	20.0	8.7	13.0	6.3	9.5	4.9	7.4	4.0	6.0	القمح
6.7	10.0	5.0	7.5	4.2	6.3	3.7	5.5	3.3	5.0	فول الصويا
8.8	13.0	6.0	9.1	4.7	7.0	3.8	7.5	3.3	4.9	اللوبياء
4.4	6.6	3.3	4.9	2.7	4.1	2.4	3.5	2.1	3.2	الفول السوداني
7.6	11.0	4.8	7.2	3.4	5.1	2.6	3.8	2.0	3.0	الأرز
12.0	19.0	6.8	10.0	4.0	5.9	2.3	3.4	1.1	1.7	قصب السكر
6.7	10.0	3.9	5.9	2.5	3.8	1.7	2.5	1.1	1.7	الذرة
6.7	10.0	3.9	5.9	2.5	3.8	1.7	2.5	1.1	1.7	الكتان
8.0	12.0	4.5	6.8	2.0	4.3	1.8	2.6	1.1	1.5	الفول البلدي
4.2	6.3	2.4	3.6	1.5	2.3	1.0	1.5	0.7	1.0	الفاصوليا

ب - محاصيل العلف

15.0	22.0	9.8	15.0	7.4	11.0	6.0	9.0	5.0	7.5	حشيشة القمح
15.0	23.0	9.8	15.0	7.2	11.0	5.6	8.5	4.6	6.9	حشيشة الأبرمودا
13.0	20.0	8.7	13.0	6.4	9.5	4.9	7.4	4.0	6.0	شعير العلف
13.0	19.0	8.1	12.0	5.9	8.9	4.6	6.9	3.7	5.6	حشيشة الراي
17.0	26.0	9.6	14.0	5.7	8.6	3.4	5.1	1.9	2.8	حشيشة الوران
7.8	12.0	4.8	7.1	3.2	4.8	2.3	3.4	1.7	2.5	لوبياء العلف
11.0	17.0	6.3	9.4	3.9	5.9	2.5	3.7	1.5	2.3	السببان
10.0	16.0	5.9	8.8	3.6	5.4	2.2	3.4	1.3	2.0	البرسيم الحجازي
10.0	15.0	5.7	8.6	3.5	5.2	2.1	3.2	1.2	1.8	ذرة علف
13.0	19.0	6.8	10.0	2.9	5.9	2.2	3.2	1.0	1.5	البرسيم الأبيض
6.6	9.8	3.8	5.7	2.4	3.6	1.6	2.3	1.0	1.5	البرسيم الأحمر

(عن : Rhoades , 1990)

ب-مرحلة النمو :

تبدى بعض المحاصيل حساسية عالية في أطوار نموها الأولى ، بينما تكون أقل حساسية للملوحة في أطوار نموها المتأخرة (جدول 1-8) ، ولذا فمن

المفيد في برامج غربلة السلالات ، إجراء عملية الاختبار عند أكثر مراحل نمو المحصول حساسية حتى يتسنى التفريق بين السلالات الحساسة والسلالات المتحملة للملوحة.

جدول (1-8): تأثير طور النمو على تحمل المحاصيل للملوحة

طور النمو		المحصول
مرحلة الإنبات	مرحلة النضج	
ضعيف	جيد	البرسيم الحجازي
جيد جداً	جيد	الشعير
جيد إلى حد ما	معتدل	القمح
جيد	ضعيف	الذرة الشامية
ضعيف جداً	جيد	قصب السكر
ضعيف جداً	ضعيف جداً	البقوليات البذرية
ضعيف	جيد	الأرز
حساس	جيد	بنجر السكر
حساس	معتدل	القرطم

(عن: Singh, 2004).

وتتباين المحاصيل في مستوى التحمل النسبي للملوحة التي تؤدي إلى خفض الإنبات أو المحصول بنسبة 50 % طبقاً لتركيبها الوراثي ، كما هو مدون في جدول (1-9). حيث يحتل الشعير المرتبة الأولى في التحمل بأعلى نسبة تكشف وأعلى محصول نسبي . في حين كان القمح متوسط التحمل ، وجاءت الفاصوليا في المرتبة الأخيرة ، حيث كانت الأقل تحملاً والأكثر تأثراً بالملوحة.

جدول (1-9) التحمل النسبي للملوحة لمختلف المحاصيل عند الكشف وخلال النمو إلى النضج *

درجة التوصيل الكهربى لمستخلص عينة التربة المشبعة (ديسيمتر/م)		المحصول
50% محصول	50% كشف	
18	24-16	الشعير
17	15	القطن
15	12-6	بنجر السكر
15	13	الذرة الرفيعة
14	12	القرطم
13	16-14	القمح
9.6	13.8	البنجر الأحمر
9.1	16	لوبيا العلف
8.9	13-8	البرسيم الحجازي
3.6	18	الأرز
5.9	24-21	الذرة الشامية
4.3	7.5-5.6	البصل
3.6	8.0	الفاصوليا

* عدد الكشف لمعاملة الملوحة عند وصول معاملة الكنترول غير الملحية لأقصى إنبات (عن : Rhoades , 1990) .

ج- خصوبة التربة :

يتأثر تحمل المحاصيل للملوحة بخصوبة التربة ، حيث يقل تحمل المحاصيل للملوحة بزيادة خصوبة التربة.

فقد لوحظ أن النباتات النامية في الأراضي غير الخصبة تُظهر في كثير من الأحيان مقاومة أكبر للملوحة عن النباتات النامية في أراضي خصبة نظراً لأن العامل المحدد للنمو في الأراضي منخفضة الخصوبة هو العناصر الغذائية وأن إضافة هذه العناصر يزيد من النمو والمحصول حتى في ظل وجود أملاح. بينما في الأراضي الخصبة ، فإن وجود الأملاح بها هو العامل المحدد للنمو.

ويتعين لزيادة الإنتاجية تخفيض نسبة الأملاح بها وليس إضافة عناصر غذائية جديدة.

د- العوامل البيئية :

تؤثر العوامل البيئية ، والتلوث على درجة تحمل المحاصيل للملوحة. ويزداد تحمل المحاصيل للملوحة في الجو البارد الرطب بالمقارنة مع الجو الحار الجاف. وتلعب درجة الحرارة والرطوبة دوراً هاماً في تجنب ضرر الملوحة بميكانيكية استبعاد الملح ، فتعاني نباتات الأرز كثيراً من ضرر الملوحة عند 30.7 م و 63.5% رطوبة نسبية مقارنة بـ 27.2 م و 73.4% رطوبة نسبية ويعزى تأثير الحرارة إلى زيادة معدل النتح عن معدل الامتصاص. وقد ظهر تأثير معنوي لانحدار التراكيبي الوراثة على البيئة تحت ظروف الملوحة بوادي سدر لصفات محصول القطن الزهر والشعر ومعظم مكونات المحصول في دلالة على إختلاف إستجابة الأصناف لظروف بيئات الملوحة والمواسم الزراعية (Moustafa , 2006).

بعض نباتات البيئة الملحية

Plants adapated to saline habitats

لقد أمكن حصر عديد من نباتات البيئة الصحراوية المتحملة أو عالية التحمل للملوحة في عديد من المناطق العربية التي تعاني من إجهاد الملوحة . وتتميز هذه النباتات بالقدرة على النمو في أوساط مرتفعة الملوحة نتيجة وجود بعض التحويلات في الصفات المورفولوجية والخصائص التركيبية إلى جانب العمليات الفسيولوجية والكيموحيوية ، بما يمكنها من تحمل ظروف البيئة القاسية. وقد أمكن تصنيف هذه النباتات ودراسة الأهمية الاقتصادية لها كما هو موضح بجدول (1 - 10) .

جدول (1 - 10) : بعض نباتات البيئة الملحية المتحملة للملوحة

اسم المحصول	الاسم العلمي	العائلة	الاستخدام
صباح الخير	<i>Sesuvium verrucosum</i> Rafin	Aizoaceae	عالي التحمل للملوحة (ملوحة ماء البحر) - ترعاه الجمال .
رغل أو قطف محلي	<i>Atriplex leucoclada</i> Bioss	Chenopodiaceae	عالي التحمل للملوحة . ذو قيمة عالية كشجيرة علف ومصدر للطاقة.
لحية التيس	<i>Bassia muricata</i> L.	Chenopodiaceae	عالي التحمل للملوحة - نبات علف .
ثلج أو سلى	<i>Cornulaca monacantha</i> Del.	Chenopodiaceae	عالي التحمل للملوحة . نبات علف ترعاه الجمال ، له استخدامات طبية.
سويدا أو مليحة	<i>Suaeda vermiculata</i> Forssk	Chenopodiaceae	عالي التحمل للملوحة (ملوحة ماء البحر) . يستخدم في الزينة في المناطق الساحلية ..
الخروع	<i>Ricinus communis</i> L.	Euphorbiaceae	متوسط التحمل للملوحة. نبات برى ومنزوع. تستخدم بذوره لاستخراج الزيت ، وله استخدامات طبية.
هيبان	<i>Lolium rigidum</i> Gaud	Gramineae	متوسط التحمل للملوحة. يصلح كمحصول علف أخضر جيد.
ثمام	<i>Panicum turgidum</i> Forssk	Gramineae	عالي التحمل للملوحة، محصول علف ينمو برياً وله أصناف منزوعة وذو استخدامات طبية.
حلفا	<i>Sporobolus spicatus</i> Vahl	Gramineae	عالي التحمل للملوحة. يصلح للرعى كمحصول علف.
سلم	<i>Acacia ehrenbergiana</i> Hayne	Leguminosae	متوسط التحمل للملوحة، شجيرة تستخدم للرعى، والوقود والزينة وعديد من الاستخدامات الطبية.
عنبر أو فتنة	<i>Acacia farnesiana</i> L.	Leguminosae	متوسط التحمل للملوحة ، شجرة تصلح للرعى والوقود والزينة وعديد من الاستخدامات الطبية.

سنط أو قرط	<i>Acacia nilotica</i> L.	Leguminosae	عالي التحمل للملوحة ، شجرة تصلح للرعى والوقود والزينة ، وعديد من الاستخدامات الطبية .
سمر	<i>Acacia tortilis</i> Forssk.	Leguminosae	عالي التحمل للملوحة ، شجرة تصلح للرعى والوقود والزينة وعديد من الأغراض الطبية.
لبخ	<i>Albizia lebbek</i> L	Leguminosae	عالي التحمل للملوحة، شجرة تصلح لتغذية الحيوانات والوقود والزينة وعديد من الأغراض الطبية.
عشرج أو عشرق	<i>Cassia italica</i> Mill	Leguminosae	متوسط التحمل للملوحة ، يصلح للرعى يستخدم في الطب الشعبي.
خبيزة	<i>Malva parviflora</i> L	Malvaceae	متوسط التحمل للملوحة . عشب يصلح للرعى.
نيم	<i>Azadirachta indica</i> Juss	Malvaceae	أشجار عالية التحمل للملوحة تستخدم في الطب الشعبي.
لسان الحمل	<i>Plantago boissieri</i> Hausskn	Plantaginaceae	متوسط التحمل للملوحة ، عشب يصلح للرعى و له عديد من الاستخدامات في الطب الشعبي.
ابل	<i>Calligonum crinitum</i> Boiss	Polygonaceae	عالي التحمل للملوحة. يستخدم للرعى ويصلح كوقود وللزينة وفي أغراض الطب الشعبي .
رجلة	<i>Portulaca oleracea</i> L	Portulacaceae	نبات عشبي ، عالي التحمل للملوحة، يصلح للرعى والأكل وفي أغراض الطب الشعبي .
مسواك	<i>Salvadora persica</i> L	Salvadoraceae	شديدة التحمل للملوحة(ماء البحر) ويصلح لرعى الجمال والماعز. تصلح ثماره للأكل ويستخدم في الزينة. وله استخدامات طبية.

(عن : Karim and Dakheel, 2006)

كيف تقاوم النباتات ظروف الملوحة
طبيعة وميكانيكية مقاومة النباتات للملوحة
**Nature and Mechanism of Plant Resistance
to Salinity**

يوجد عديد من الميكانيكيات المسئولة عن أقلمة نباتات المحاصيل لظروف الملوحة ، والتي تمكن النباتات من تحمل تركيزات عالية من الملح في بروتوبلازم الخلايا وهذه الميكانيكيات هي التي تميز النباتات المتحملة للملوحة و/ أو الملحية Halophytes عن النباتات غير الملحية Glycophytes . وعموماً يوجد ست ميكانيكيات مسئولة عن الأقلمة للملوحة في نباتات المحاصيل كما ذكرها (Polgakoff-Mayber and Lerner 1999) هي :

- 1- القدرة على تجميع أو إستبعاد الأيونات إختيارياً .
- 2- التحكم في إمتصاص الأيونات بواسطة الجذور والانتقال إلى المجموع الخضرى والأوراق .
- 3- إختيارية الخشب فى تحرير والتخلص من الأملاح .
- 4- الدور الفسيولوجى لتراكم وتجميع الأيونات فى عملية الضبط الأسموزى .
- 5- تجزئ الأيونات على المستوى الخلوى وعلى مستوى النبات الكامل
- 6- تراكم الذائبات المتوافقة مثل البرولين ودوره فى تحمل الملوحة .

ويمكن وضع الميكانيكيات المسئولة عن أقلمة النبات لظروف الملوحة تحت الأقسام الآتية :

أولاً : مقاومة الملوحة Salinity resistance

يقصد بالمقاومة للملوحة ، قدرة النبات على النمو الطبيعي في وجود الأملاح بفعل الجهد المتزن الذي يبذله النبات في إستخلاص حاجته من الماء والعناصر الغذائية والذي يجعله أقدر على الأقلمة مع ظروف الإجهاد الملحي ومجابهة التركيزات العالية من أيونات الأملاح ، بل والتغلب على تأثيراتها السامة على ميتابوليزم النبات . ويستخدم مصطلح المقاومة ليدل على المقاومة الحقيقية للسيتوبلازم ، لوصف جميع الميكانيكيات التي تعطي النبات ميزة إنتخابية تحت ظروف الملوحة.

وترجع المقاومة إلى التأثير المشترك لكل من تجنب وتحمل الملوحة. وعلى مستوى مزارع الأنسجة ، تعرف المقاومة للملوحة بقدرة الخلايا أو النباتات على النمو في بيئة ذات ملوحة مرتفعة بفعل الأقلمة الوراثية وثبات هذه القدرة وتوريثها إلى النسل.

وتتباين النباتات كثيراً في المقاومة للملوحة ، وأكثرها مقاومة هي النباتات الملحية Halophytes وهي النباتات التي تنمو طبيعياً في البيئات الملحية ، أي أنها ذات قدرة على البقاء والمنافسة في البيئة الملحية ومن أمثلتها نبات الخريزة ، المليح ، السمار ، الحمرة والطرطير ومنها النباتات الملحية الإجبارية ، والنباتات الملحية الاختيارية .

أما النباتات غير الملحية Glycophytes فهي لا تستطيع النمو جيداً في وجود الملوحة ، حيث تنمو جيداً وتعطى أعلى محصول في الأراضى غير الملحية . وتنتمى معظم محاصيل الحقل إلى هذه المجموعة وتمتاز بالاختيارية

في الأراضي عديمة الملوحة بسبب معدل نموها السريع . وغالباً ، فإن جميع أنواع المحاصيل تتدرج تحت هذه المجموعة . غير أن هناك تبايناً في مستوى المقاومة بين أجناس وأنواع المحاصيل ، بل وفي داخل أصناف النوع الواحد . ويمثل ذلك أهمية كبيرة لمربي النبات في برامج تربية أصناف من المحاصيل الحقلية مقاومة للملوحة للتوسع في زراعتها في الأراضي الهامشية .

فعلى مستوى محاصيل الحبوب ، يعتبر الشعير أكثر مقاومة للملوحة يليه الشوفان ثم القمح ، كما تتميز محاصيل القطن والبرسيم الحجازي والبرسيم الحلو والبنجر بالمقاومة أيضاً . وتتباين أنواع الجنس الواحد في مقاومتها للملوحة حيث سُجل إختلافاً بين 14 نوعاً من جنس الأجروبيرون Agropyron حسب تركيبها الوراثي ونوعية الأملاح السائدة في بيئة النمو .

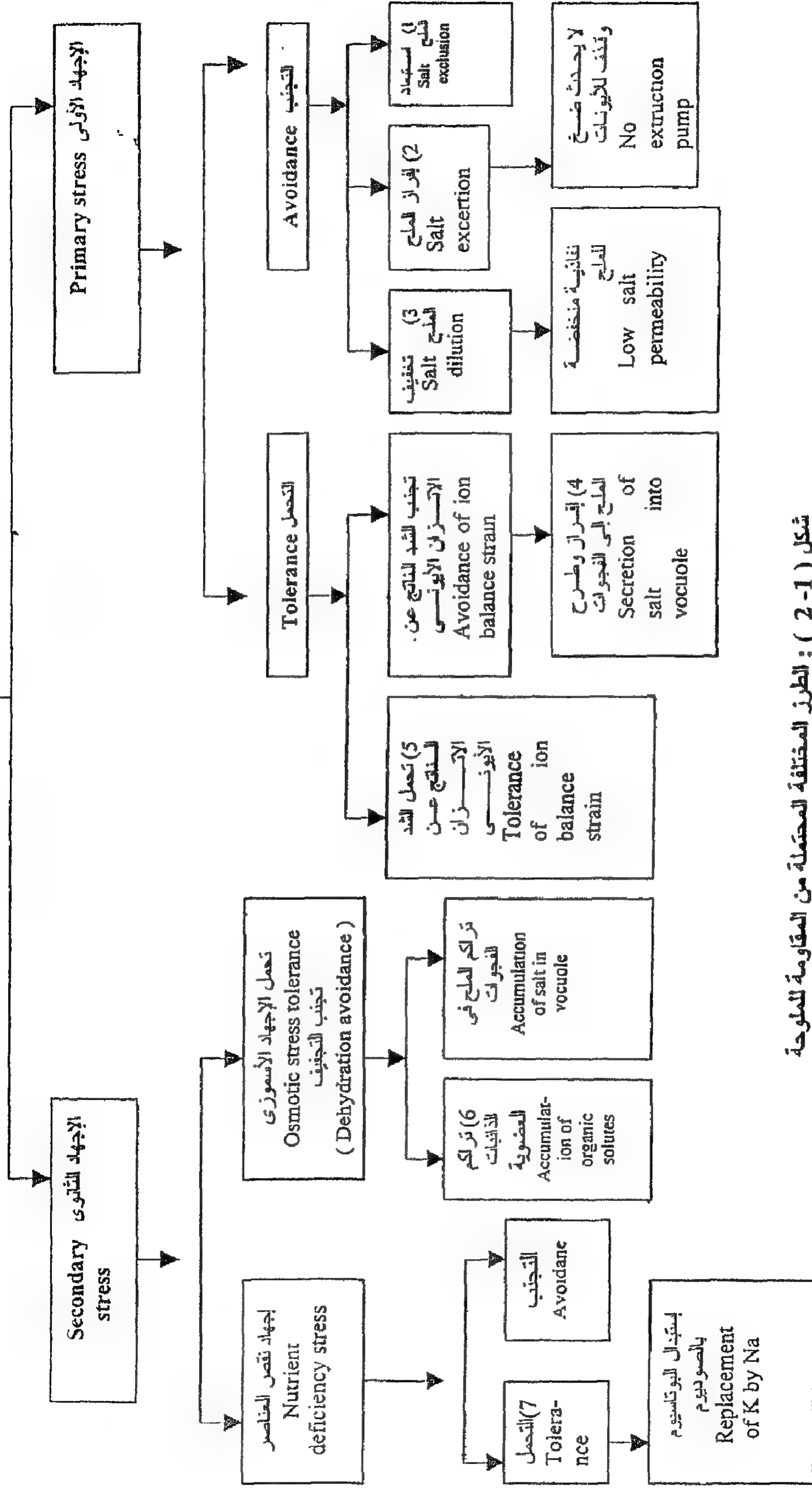
وتعتبر نباتات القطن أقل مقاومة لمُح كلوريد الصوديوم NaCl عن ملح كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 ، في حين تُظهر محاصيل الكتان والبقوليات والجوايا ل عكس ذلك ، وتعتبر كربونات الصوديوم أكثر سمية عن النوعين الآخرين .

ويوضح شكل (1-2) الطرز المختلفة المحتملة من المقاومة لظروف الملوحة . وعموماً ، تعتمد ميكانيكية المقاومة للملوحة على تجنب وتحمل الملوحة .

ثانياً: تجنب الملوحة Salt avoidance

يقصد بها قدرة النبات على تجنب أو الهروب من إجهاد الملوحة في الوسط الذي يعيش فيه عن طريق تبكير أو تأخير الإنبات أو تبكير أو تأخير النضج حتى تتحسن الظروف ، وضخ أو طرد الأملاح من منطقة الجذور أو

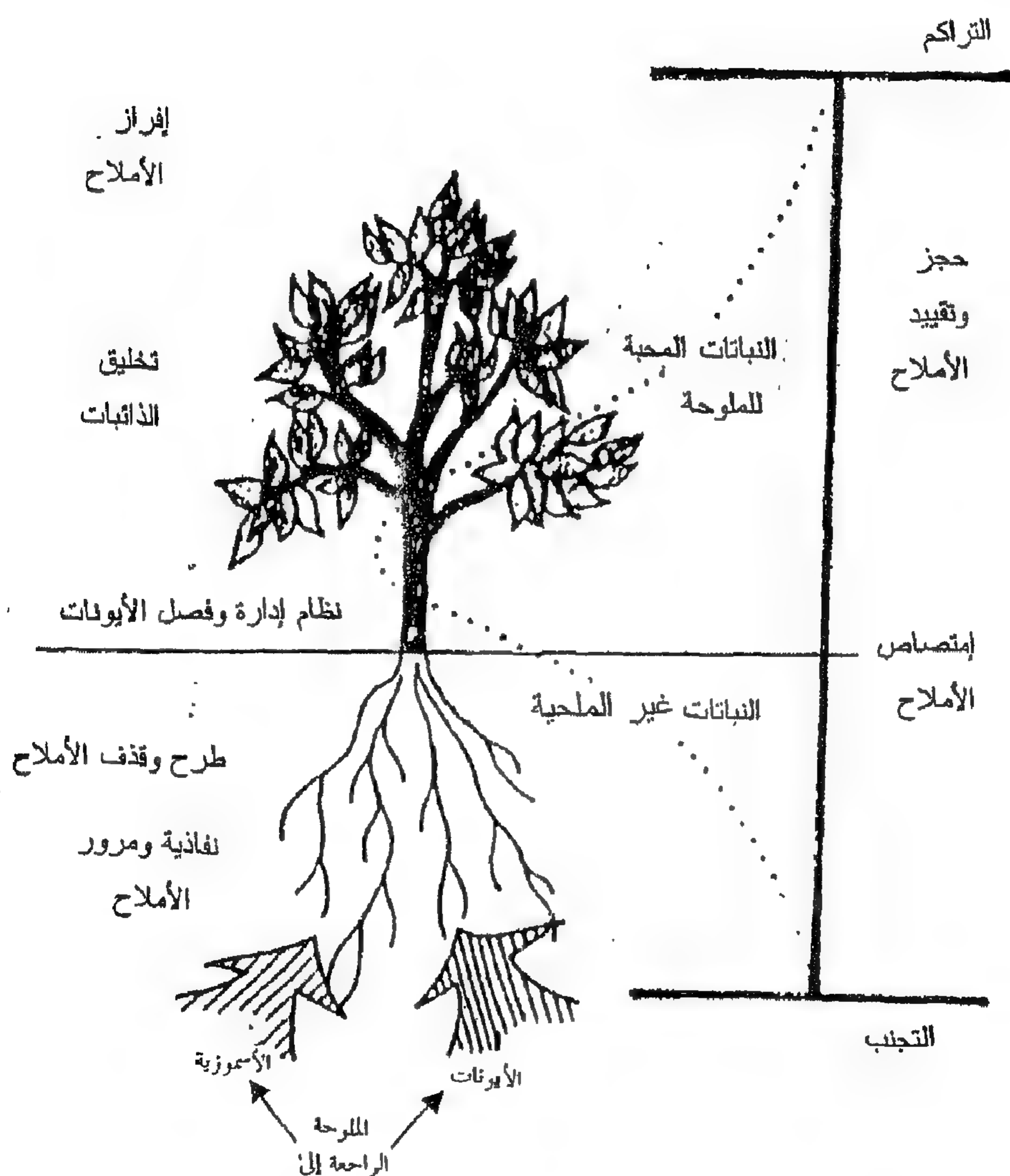
المقاومة للملوحة Salinity resistance



شكل (2-1) : الطرز المختلفة المحتملة من المقاومة للملوحة

هروب نمو الجذور إلى المساحات غير الملحية ، وإفراز الملح من أعضاء خاصة مثل الغدد والشعيرات الملحية أو التخزين في الأوراق القديمة . ويوضح (شكل 1-3) سلوك النبات تحت تأثير إجهاد الملوحة . وعموما فإن هناك عدة آليات تساعد النبات في تجنب الملوحة من أهمها ما يلي :-

- أ- الاستبعاد السلبي للأملاح.
- ب- الطرح أو القذف النشط للأملاح.
- ج- تخفيف الأملاح الداخلة.



شكل (1-3) سلوك النبات تحت تأثير إجهاد الملوحة

(عن ، Shannon , 1997)

أ- الاستبعاد Exclution

يقوم النبات باستبعاد أيونات الأملاح الضارة مثل الصوديوم Na^+ والكلوريد Cl^- أو كليهما من الوصول إلى النموات الخضرية من خلال أنظمة فيزيائية وكيميائية خاصة . ومن هذه الوسائل إفراز الصوديوم من الجذور إلى التربة مرة أخرى ، وقيام خلايا متخصصة في بارنشيمة الخشب بالامتصاص . ويتوقف ذلك على التوازن (حوالي 10 : 1) بين الكاتيونات أحادية التكافؤ Na^+ وثنائية التكافؤ Ca^{2+} ، فعندما يختل هذا التوازن مع زيادة مستوى الكاتيونات أحادية التكافؤ ، تزداد النفاذية وتضار نباتات الأنواع الحساسة ، بينما تتميز نباتات الأنواع المتجنبة للملوحة بوسيلة الاستبعاد ، بنفاذيه منخفضة لأيون الصوديوم Na^+ في وجود تركيزات الملوحة العالية.

وتعتبر صفة الاختيارية وسيلة هامة لتجنب الضرر ، فتستطيع الخلايا المستبعدة للملح المحافظة على الاتزان الطبيعي في وجود تركيزات عالية من الكاتيونات أحادية التكافؤ ، وربما تفضيل مرور أيون البوتاسيوم K^+ عن الصوديوم Na^+ عبر الغشاء البلازمي والتونوبلاست . ولقد وجد **Boursier and Läuchli (1990)** مستوي عالي من أيون البوتاسيوم K^+ في أوراق نباتات الذرة الرفيعة المعرضة لظروف الإجهاد الملحي ، حيث يتفاعل كايون مضاد Counter ion للتركيز العالي من الكلوريد Cl^- .

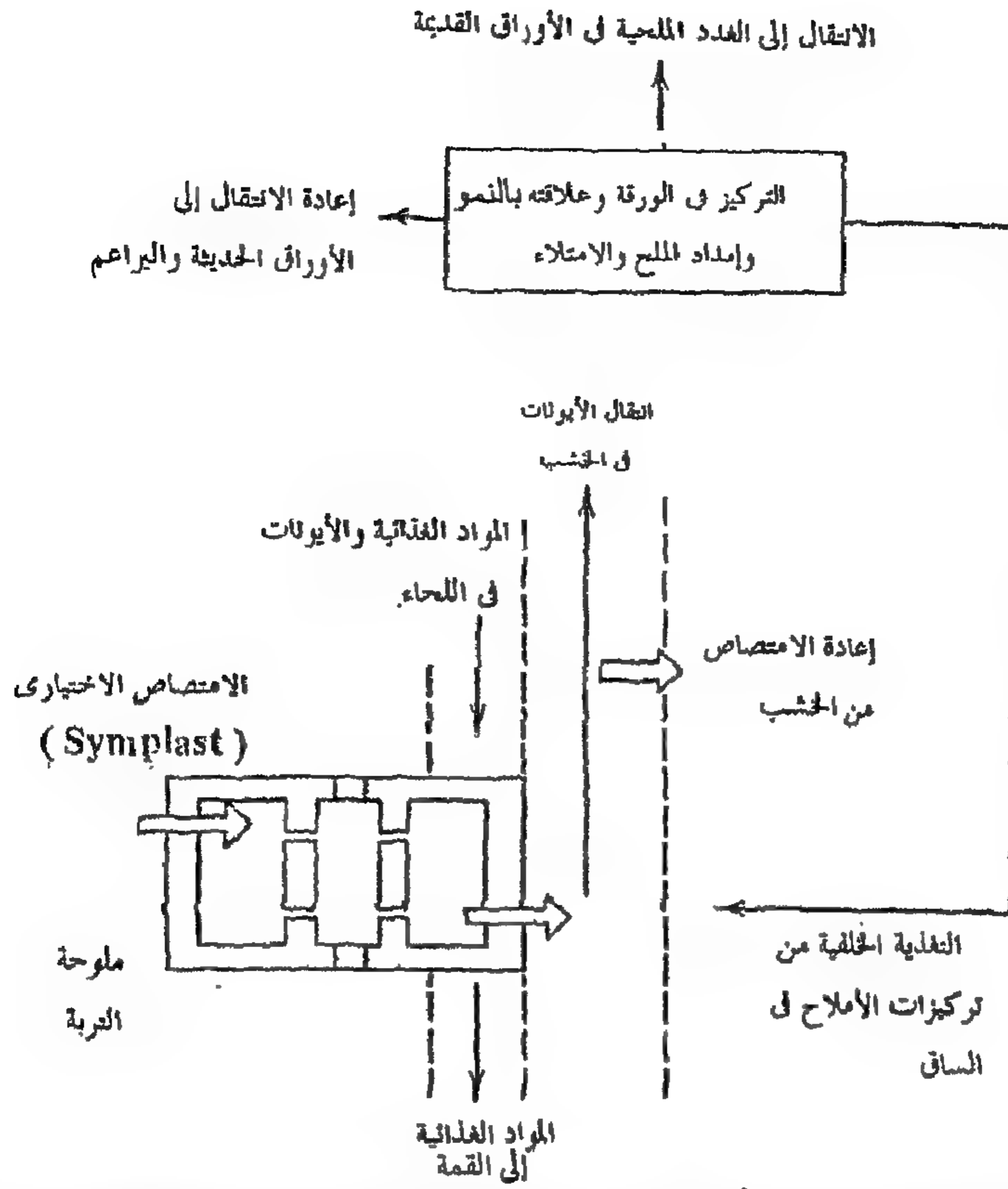
وترتبط عملية استبعاد الأيونات مع مقاومة الملوحة في عديد من أصناف المحاصيل ، فتتميز أصناف الشعير الأكثر مقاومة للملوحة بتراكم أقل لأيونات الصوديوم Na^+ والكلوريد Cl^- وبمحتوى أعلى من البوتاسيوم K^+ مقارنة بالأصناف الأقل مقاومة .

وتشير الدراسات التي أجريت على المجموع الجذري للشعير ونباتاته السليمة كما يوضحه شكل (1-4) إلى إحتواء البروتوبلازما الحية Symplast على أيونات البوتاسيوم K^+ والصوديوم Na^+ ، مع درجة أعلى من الاختيارية للبوتاسيوم K^+ عن الصوديوم Na^+ . وتتفاعل خلايا طبقة الأندودرمس كحاجز للأملاح في المجموع الخلوي غير الحى Apoplast ، الأمر الذى يؤثر على نسبة $K^+ : Na^+$ فى البروتوبلازم والخشب . وتُظهر نباتات الشعير وغيره من النباتات المثمثلة القدرة على إعادة إمتصاص أيون البوتاسيوم أو الصوديوم من الخشب إلى بارنشيمة الخشب أو إستبعاد الصوديوم نهائياً ، مما يؤدي إلى خفض المحتوى الكلى من الأملاح .

وتتميز أكثر الأنواع المحبة للملوحة مثل *Agropyron elongatum* بالقدرة على إستبعاد أيونات الصوديوم والكلوريد من المجموع الخضري ، ومن ثم بمحتوى منخفض من الصوديوم والكلوريد مقارنةً بالأنواع عالية المقاومة مثل الشعير عند زراعتها في البيئات الملحية . وتقاوم نباتات عباد الشمس التابعة للنوع *Helianthus bolandei* الملوحة عن طريق إستبعاد أيون الماغنسيوم Mg^{2+} .

ويعتبر إستبعاد أملاح الصوديوم والكلوريد من القمم النامية للنبات والأوراق العلوية من الوظائف التخصصية والتي شوهدت في عديد من النباتات الراقية مثل الشعير وفول الصويا والبرسيم الحجازي والطماطم .

كما تستطيع بعض أصناف المحاصيل تجنب الملوحة عن طريق إختيارية امتصاص البوتاسيوم وإستبعاد الصوديوم ، أو عن طريق زيادة الغضاضة Succulent حيث يزداد حجم الخلايا البارنشيمية نتيجة زيادة محتوى



شكل (1-4) : العمليات المسنونة عن إمتصاص وتوزيع الأملاح والتفاعلات المحددة للتركيزات في النبات ، وإعادة الامتصاص من الخشب وانتقال البوتاسيوم إلى الجذور في الشعير (عن : Pitman , 1984).

الماء والذي يحد من إرتفاع تركيز الأملاح في العصير الخلوي كما في نبات القطف . كما يمثل زيادة إنتاج المادة الجافة دوراً هاماً في تجنب الملوحة.

ب- الطرح أو الإفراز النشط للملح Extrude

تعتبر عملية الطرد الأيوني أحد الآليات المحددة للتباين بين الأصناف الحساسة وتلك التي تتحمل الملوحة ، ويتطلب ذلك مضخة لطرد الأيونات . فقد لاحظ كل من (Pitman and Saddler (1967 وجود مضخات Pumps داخلية للبوتاسيوم K^+ والكلوريد Cl^- ومضخة خارجية للصوديوم Na^+ في الصفيحة الوسطى لجذور الشعير . وتستمر عملية طرد الأيونات بصورة فعالة مع وجود تركيزات عالية من الملح في الوسط الخارجي.

ج- تخفيف الأملاح الداخلة Dilution :

توجد هذه الميكانيكية في الأنواع عالية ومتوسطة التحمل للملوحة ، حيث لوحظت في الشعير وبعض المحاصيل الأخرى . ويعتمد تجنب الملوحة الرجوع إلى تأثير التخفيف على غضاضة Succulent أنسجة النبات ووجود كمية من الماء تساعد في المحافظة على مرونة ومطاطية جدر الخلايا ، بما يسمح باستمرار تمددها . كما يساعد النمو السريع وإمتصاص الماء بالقدر الكافي في عمل توازن مع أي زيادة للملح في الخلية وتخفيف تركيز الأملاح وخفض تأثيراتها الضارة على النبات.

ثالثاً: تحمل الملوحة Salt tolerance

يقصد بتحمل الملوحة قدرة الصنف المحصولي على الاحتمال أو الإطاقة أو التحمل والبقاء حيا ومنع أو خفض و التغلب على التأثيرات الضارة للأملاح الذائبة الموجودة في منطقة إنتشار الجذور . ولقد ربط Levitt (1980) تحمل الملوحة مع غياب التأثيرات السلبية للأملاح على نمو النبات نتيجة تجمع الملح في الأنسجة.

ويذهب البعض إلى تعريف تحمل الملوحة ، على أنه النمو الثابت للنبات في بيئة كلوريد الصوديوم أو في توليفة من الأملاح.

وتعتمد ميكانيكية تحمل النبات للملوحة على الصفات النباتية الفسيولوجية والكيمو حيوية والتي يمكن تقسيمها إلى الآليات الآتية :

- 1- إستبعاد جزئي للأيونات الزائدة في مجال إنتشار الجذور.
- 2- إحتواء الأيونات بامتصاصها في فجوات وتراكما في صورة مركبات ذائبة في السيتوبلازم.

3- حجز وفصل Sequester أيون الصوديوم Na^+ السائد في الجذور والسيقان وأغصان الأوراق خارج الأنسجة كميكانكية لتحمل في الذرة الرفيعة :

4- نقص تدفق Influx أيونات الكلوريد Cl^- والصوديوم Na^+ عند الغشاء البلازمي لخلايا الجذور ، وإعادة حركته من الأوراق إلى الجذور وخروجه إلى الوسط المحيط .

5- حدوث عملية تجزئ Partitioning لكاتيونات البوتاسيوم K^+ والكالسيوم Ca^{2+} والمغنسيوم Mg^{2+} في أنسجة النبات .

ولعل من أهم الصفات المرتبطة بتحمل الملوحة ، الضغط الاسموزي والمكونات الكيميائية ونسبة الصوديوم : البوتاسيوم ونسبة الأوراق : السيقان . ويقاس تحمل الملوحة بقدر النبات على البقاء حياً في الحقل كمعيار يستخدمه المربي في فرز وغرلة السلالات ، بينما يعتبر محصول النبات معياراً حقيقياً لتحمل الملوحة ، وتشمل ميكانكية التحمل على الطرز الآتي ذكرها :

أ- ميكانكية تحمل الإجهاد الاسموزي

Osmotic stress tolerance mechanism

يعتبر الإجهاد الاسموزي أحد طرز الإجهاد الراجع إلى نقص الماء ، حيث تتعرض أوراق النباتات الصحراوية المحبة للملوحة مثل *Reaumuria hirtella* إلى شد رطوبي عالي ، يصل إلى 180 ، 240 و 320 بار . وتتميز الأوراق في هذه الحالة ، بمقاومة فقد الماء وبقاء الخلايا في حالة إمتلاء للمحافظة على النمو وبذا يمكنها تحمل أثر التجفيف . وعند تعرض النبات لإجهاد ملحي قوي فإنه يقوم باستعادة حالة إمتلاء الخلايا إما عن طريق إمتصاص الملح أو بزيادة تركيز الذائبات العضوية.

وتحتاج ميكانيكية التحمل الاسموزي إلى نظام تخصصي عالي للتونوبلاست قادر على الإفراز السريع للملح الموجود في البروتوبلازم إلى الفجوات عن طريق الانتقال النشط ، وضبط عملية إختيارية نفاذ الأيونات لمنع الانتشار الخلفى Back diffusion إلى البروتوبلاست . وتبدو هذه العملية أكثر تعقيداً في النباتات الراقية ، نتيجة مسافات الانتقال الكبيرة من الجذر إلى قمة النبات ، فيرجع الفرق بين بنجر السكر والذرة الشامية في معدل إمتصاص وإنتقال أيون الصوديوم Na^+ إلى إرتفاع معدل الامتصاص في الأصناف الأكثر تحملاً من بنجر السكر مقارنة بالذرة الشامية ، في حين يكون الانتقال ببطء شديد من الجذر إلى الساق في الذرة الشامية ، ولم يكتشف حدوث العكس . كما يعتمد نظام الانتقال في سيمبلازم خلايا الجذور واللحاء إلى تفضيل إمتصاص الصوديوم في بنجر السكر عن الذرة الشامية.

وقد تراوحت قيم الاسموزية في بعض الأعشاب المحبة للملوحة من 25-75 ضغط جوى في حالة الزراعة في البيئة الملحية . ويرجع الضبط الاسموزي بصفة أساسية إلى إمتصاص الصوديوم Na^+ . فعلى الرغم من أن معظم النباتات تمتص نفس الكمية تقريباً من البوتاسيوم K^+ الموجود في بيئة الجذور ، فتستطيع النباتات الراقية المحبة للملوحة أن تمتص مقدار الضعف من أيون الصوديوم كبديل عن البوتاسيوم ويفسر ذلك التأثير التثبيطي لأملاح الصوديوم على نشاط أنزيم ATPase في النباتات المحبة للملوحة والتأثير التثبيطي للملح في النباتات غير الملحية ، حيث يمثل هذا الأنزيم جزء من مضخة الأيون التي تفرز أيون Na^+ من وتمتص أيون K^+ إلى الخلايا في كل من النباتات غير الملحية والمحبة للملوحة . وتؤدي عملية تثبيط الضخ إلى تثبيط نشاط إمتصاص البوتاسيوم K^+ ، ومن ثم تكون النباتات المحبة للملوحة أقدر

على الاستفادة من الامتصاص السلبي للصوديوم Na^+ في حالة نقص إمتصاص البوتاسيوم K^+ من الوسط المحيط.

ولقد أظهرت الدراسات أن الضغوط الاسموزية تؤدي إلى تغيرات جوهريّة في السكريات والأحماض الأمينية والبروتينات والقواعد المكونة للنيوكليوتيدات وتخليق الأحماض النووية ومركبات الطاقة ، كما تؤدي إلى حدوث تغيرات في شفرة البولي نيوكليوتيدات بما يساعد في تفاعلات الأكلمة ، بالعمل كبرادئ Primers للحمض النووي الريبوزي رنا اعتماداً على نشاط إنزيم RNA-polymerase .

ب- ميكانيكية تحمل الإجهاد الأولي (الأساسي) للملوحة

Primary salt stress tolerance mechanism

تعتمد ميكانيكية تحمل الإجهاد الأولي للملوحة على قدرة النبات على توظيف الطاقة في الحفاظ على التوازن بين البوتاسيوم : الصوديوم وتجنب الشد الناتج عن الاتزان الأيوني عن طريق إفراز الملح الممتص في الفجوات ، وعلى قدرة النبات على تحمل هذا الإجهاد من خلال وجود مواد بروتوبلازمية وتراكيب وأعضاء قادرة على المحافظة على الخصائص الطبيعية في وجود الملوحة . ويعتبر التغير في عمليات الأيض أحد المواءمات الهامة في تحمل الملوحة . ويسهم ثبات الغشاء الخلوي ونشاط إنزيم Diamino oxidase في ثبات ومنع تكسير البروتينات تحت ظروف الملوحة. كما تعتبر خصائص المجموع الجذري غزير النمو القادر على إستخلاص الماء من المناطق المنخفضة في محتواها من الأملاح مكون هام في هذا الشأن.

جـ- ميكانيكية تحمل الإجهاد الثانوى للملوحة Secondary salt stress tolerance mechanism

يستولد هذا النوع من الإجهاد نتيجة تعرض النبات فى بيئة النمو لأحد عوامل الإجهاد البيئى غير الحيوى ، مما يترتب عليه معاناة النبات من ضرر آخر يطلق عليه الإجهاد الثانوى . فعلى سبيل المثال ، يؤدى تعرض النبات لإجهاد الملوحة إلى حث نقص عديد من العناصر الغذائية ، نتيجة استبدال العنصر الغذائى الناقص بالعنصر الممتص الزائد فى البيئة . كما يستولد هذا النوع من الإجهاد الثانوى نتيجة تعرض النبات لظروف الجفاف ونقص الماء ، الأمر الذى يترتب عليه عدم قدرة النبات على إمتصاص العناصر الغذائية وظهور أعراض نقص التغذية.

وتعتمد آلية تحمل النبات للإجهاد الثانوى على قدرة نبات المحصول على تحمل التأثيرات الثانوية الناتجة عن ظروف الإجهاد فى بيئة النمو .

الأهمية النسبية لتجنب وتحمل الملوحة :

يعتبر التجنب ميكانيكية كافية للنبات فى غياب التحمل . وعموماً يمكن تلخيص أهمية ميكانيكيتى التجنب والتحمل فيما يلى :

1- تجنب الملوحة يرجع إلى إستبعاد الملح ومن ثم إلى النفاذية المنخفضة لامتصاص الملح.

2- تجنب الملوحة يعزى إلى إفراز الملح بميكانيكية مضخة القذف النشط للأيونات ، ويؤدي هذا إلى مقاومة النبات للإجهاد الأولى والثانوي والذي يرجع إلى نقص العناصر.

3- تجنب الملوحة يرجع إلى التخفيف ويعتمد على المرونة العالية لجدر الخلايا.

- 4- تحمل الإجهاد الأولى للملوحة يرجع إلى تجنب إجهاد الاتزان الأيوني والذي يصاحبه إفراز الأيونات الزيادة الممتصة من البروتوبلازم إلى الفجوات. وتعتبر هذه الميكانيكية كافية لتحمل الإجهاد الاسموزي الثانوي المستحث ، بالمساعدة على المحافظة على إمتلاء الخلايا.
- 5- تحمل الإجهاد الأولى للملوحة يرجع إلى تحمل إجهاد الاتزان الأيوني حيث تتميز التراكيب البروتوبلازمية والمواد الموجودة في الخلية بخصائص معينة تسمح بالأداء الوظيفي الطبيعي تحت ظروف زيادة تركيز الأيونات والتغير في الاتزان الأيوني.
- 6- تحمل الملوحة لضرر الإجهاد الثانوي يرجع إلى تراكم الذائبات العضوية.
- 7- تحمل الملوحة للضرر الثانوي والراجع إلى نقص العناصر المتحثة بالملوحة يرجع إلى إستبدال النيات للعنصر المغذي الناقص بالعنصر الممتص الزائد ، على سبيل المثال إستبدال البوتاسيوم بالصوديوم.

أسس مقاومة المحاصيل للملوحة

Fundamentals of Crop Resistance to Salinity

الصفات النباتية والمعايير الانتخابية

Plant Characters and Selection Criteria

يعتبر فهم الأسس المورفوفسيولوجية والكيموحيوية التي تحدد إستجابة التراكيب الوراثية لظروف البيئة القاسية والانتخاب لها ، من الأمور الهامة في تحسين تحمل المحاصيل لظروف الملوحة .

ولقد حبا الله سبحانه وتعالى النبات بهذه الصفات والتي تعتبر إنعكاساً للتركيب الوراثي ، وتعمل هذه الصفات جميعها في منظومة واحدة في إتساق تام، بحيث ينعكس فعلها على متوسط أداء النبات تحت ظروف الملوحة .

ويعمد المربي في برامج التربية إلى تقدير تلك الدلائل ، مع عمل الارتباطات المظهرية والوراثية وتقدير معامل لتوريث وفهم طبيعة الفعل الجيني ونظام التحكم الوراثي ، حتى يتسنى له تطوير أصناف جديدة تتحمل ظروف الملوحة.

ويعتبر التقدم في التربية لتحمل الملوحة بطيئاً ويرجع ذلك لتعقيد وراثتها ووجود عديد من الصفات المسؤولة بالإضافة إلى التأثير القوى للتأثيرات البيئية. وتجدر الإشارة ، إلى أن عملية إستنباط أصناف من المحاصيل الحقلية تتحمل الملوحة تمر بمراحل بطيئة ، الأمر الذي حدا بعلماء الفسيولوجي وتربية النبات والبيوتكنولوجي إلى دراسة وفهم الميكانيكيات المسؤولة عن تحمل الملوحة وأفضل الطرق لتوظيفها في الحاضر والمستقبل .

- ووفقاً لما ذكره Epstien (1983) فإنه توجد ثلاث متطلبات رئيسية لإمكان إستنباط أصناف تتحمل الملوحة وهي :-
- 1- توفر الاختلافات الوراثية المناسبة بين أصناف الأنواع النباتية وأقاربها البرية Wild relatives . وتعتبر عمليات الحصر الشامل للنباتات البرية المحتملة للملوحة والمحافظة عليها في بنوك الجينات من الأهمية بمكان.
 - 2- وجود طريقة لغربلة Screening الأعداد الكبيرة من التراكيب والأصول الوراثية لتحمل الملوحة. وعموماً فإن مميزات وعيوب الطرق المختلفة لغربلة المواد الوراثية ودراسة تحمل الملوحة تحت الظروف الحقلية والظروف المتحكم فيها قد نوقشت من قبل عديد من الباحثين .
 - 3- توفر المعايير الانتخابية والتي يمكن بها التعرف على التراكيب الوراثية المحتملة للملوحة من بين العدد الكبير من العشائر الانعزالية .
- وفيما يلي المعايير الانتخابية التي يمكن أن تساعد مربّي النبات في بزائج إستنباط أصناف تتحمل الملوحة :

أولاً: الصفات المورفولوجية Morphological characters

1- خصائص الورقة Leaf properties

يتأثر محتوى الكلوروفيل ومساحة الورقة وبقاؤها خضراء ومن ثم معدل التمثيل الضوئي بظروف الملوحة . وتتفرد الأصناف المحتملة للملوحة بخصائص جيدة للورقة ، فكانت أصناف وسلالات القمح ياكورا روجو وسلالة 1 وسلالة 3 المحتملة للملوحة مرتفعة في محتوى كلوروفيل أ + ب (Sallam and Afiah , 1998) . وكذلك الحال في نباتات الدخان المعدلة وراثياً والتي تميزت بمحتوى مرتفع من الكلوروفيل تحت ظروف الملوحة

(Sumesh et al., 2003) ، إلا أن Udovenko ومساعدوه (1974) أوضحوا أن التغير في محتوى صبغات التمثيل الضوئي إستجابة للملوحة كان غير منتظم في أوراق النبات.

وتسهم صفة دليل مساحة الورقة في معظم التباين الحادث في محصول الأصناف تحت ظروف الملوحة ، وقد سجل Zeng ومساعدوه (2003) ارتباطاً موجباً ومعنوياً بين دليل مساحة الورقة والمحصول ومكوناته في الأرز في جميع التراكيب الوراثية المحتملة والحساسة للملوحة.

ويعتبر زيادة عدد الأوراق الخضراء عند الحصاد وتأخر الشيخوخة من الصفات الفريدة التي تمكن النبات من تحمل ظروف الملوحة . فقد تميزت آباء الذرة الرفيعة ICSA-88015 ، ICSA-47 ، ICSA-14 ، والهجن ICSA-14 x ICSR-91022 و ICSA-88015 x ICSR-91022 بزيادة عدد الأوراق الخضراء القدرة على البقاء حتى الحصاد عن 11 ورقة (EL-Menshawi et al. , 2003).

وقد سجلت أصناف قصب السكر ذات التجزئ العالي للمادة الجافة في الأوراق المسنة أقل نقص في محصول المادة الجافة ودرجة أعلى من تحمل إجهاد الصوديوم ، بينما سجلت الأصناف الحساسة إتجاه معاكس (Dwivedi, 1994).

2- المجموع الجذري Root system

يعتبر الجذر عاملاً محدداً لتحمل التراكيب الوراثية لعوامل الإجهاد المختلفة . ويتوقف نمو الجذور على كمية الماء الممتصة من التربة ، فتتميز أصناف المحاصيل ذات المجموع الجذري القوي بالقدرة على إمتصاص الماء

من للتربة بما يحافظ على التوازن المائي داخل النبات وبالطبع ينعكس ذلك على كمية المحصول.

وتتباين أصناف المحاصيل في طبيعة نمو وتطور وتوزيع الجذور وقوة وتعمق المجموع الجذري . فيعتبر عدد الجذور الجنينية وعدد الجذور التاجية وتوزيعها في محصول مثل القمح ، من المعايير الانتخابية لتحمل الجفاف والملوحة ، وترتبط هذه الصفات مع قدرة النباتات على البقاء وإعطاء محصول تحت ظروف البيئة القاسية . فقد أعزى المحصول العالي لأفضل أصناف القمح الشتوى إلى الانتخاب المستمر لقوة المجموع الجذري (Zelenskii and Neboka , 1971) .

ويعتبر النمو الجذري الجيد في الذرة الشامية تحت ظروف الملوحة أحد ميكانيكيات المقاومة من خلال المحافظة على التنظيم الاسموزي للخلايا (Maiti et al., 1996) . كما يعتبر الانتخاب للوزن الجاف للمجموع الجذري والمجموع الخضري وحجم الجذر وطول جذر البادرة من المؤشرات الهامة في برامج غربلة تراكيب الذرة الرفيعة لتحمل الملوحة في مرحلة البادرة قبل إختبارات تقييم المحصول تحت الظروف الحقلية (Hassanein et al.,1993) . ولقد لعب التركيب التشريحي للجذر دوراً هاماً في تحمل الملوحة في قصب السكر ، إذ تميزت الأصناف المتحملة بجذور عالية المسامية وعدد أكبر من البارانشيما الهوائية مقارنة بالأصناف الحساسة . وقد استخدم Dwivedi (2000) هذه الخاصية في غربلة جيربلازم قصب السكر لتحمل إجهاد الأراضي الصودية.

3- نسبة وزن المجموع الجذري : الخضري Shoot: root ratio

تؤدي الملوحة إلى التأثير على نمو المجموع الخضري بدرجة أكبر من التأثير على نمو المجموع الجذري . ويعتمد نمو وامتداد الجذور كما هو الحال في إستطالة السيقان على ضغط إمتلاء الخلايا . وتعتبر الجذور الجانبية الرفيعة الصغيرة أكثر حساسية للملوحة من الجذور القديمة السميكة للنظام الجذري الأصلي .

ولقد تبين أن أصناف القمح في درجة تحملها للملوحة تحت تأثير مستويات 10 ، 15 ، 20 ، 25 ملليموز / سم ، وأظهرت الأصناف المتحملة أقل نقص معنوي في نسبة تكشف البادرات وطول البادرة والوزن الجاف للمجموع الخضري وطول الجذر ووزنه الجاف مقارنة بالأصناف الحساسة (Raiz et al., 1998) . كما إرتبطت نسبة وزن المجموع الخضري : المجموع الجذري مع قوة البادرات عمر 30 يوم في الأرز تحت ظروف الملوحة (Zayed et al., 2004a) . وتشير هذه النتائج إلى أهمية الأخذ في الاعتبار خصائص المجموع الجذري كمعايير إنتخابية هامة لتحمل الملوحة في برامج التربية.

ثانياً: الصفات الفسيولوجية Physiological characters

1- القدرة على الإنبات ونمو البادرات Germination and seedling growth ability

تتباين حساسية أصناف المحاصيل في تحمل الملوحة ، كما تختلف حساسيتها باختلاف أطوار النمو . ويعتبر إنبات البذور ونمو البادرات في الوسط الملحي معياراً سواء بصفة فردية أو مع توليفة من المعايير الأخرى

لوصف تحمل جير مبلّزم المحاصيل للملوحة ، فهي أولى المراحل الحرجة التي يتوقف عليها نجاح إنتاج المحصول تحت ظروف الإجهاد الملحي .

وتعتبر صفات إنبات البذور وتكشف البادرات وقدرتها على الحياة وطول غمد الريشة من الدلائل المبكرة على تحمل الملوحة . وقد أوضحت عديد من الدراسات أن الملوحة يمكن أن تقلل من سرعة إنبات البذور ، بينما قد لا يكون لها تأثير على نسبة الإنبات النهائية. وقد تبدى نباتات المحاصيل درجة عالية من تحمل الملوحة في طور البادرة عن مراحل النمو التالية ، بينما يكون العكس صحيحاً في نباتات أخرى . ويكون الانتخاب عند مرحلة الإنبات ذو أهمية في الأنواع الحساسة للملوحة عند هذه المرحلة . وتعتبر النباتات المحبة للملوحة Halophytes أكثر حساسية للملوحة عند مرحلة الإنبات ، ولذا من المفضل تقييمها عند هذه المرحلة. وتبدو إستجابة البادرات لتأثيرات الملوحة غير ثابتة خلال مراحل النمو المتعاقبة ، فهي تختلف خلال مراحل النمو الخضري والثمري حيث لا توجد مؤشرات فسيولوجية جيدة تفسر عدم ارتباط المقاومة للملوحة عند الإنبات بالمقاومة عند مراحل النمو المختلفة .

ويصير بعض الباحثين على أن تحمل الملوحة في مرحلة الإنبات هي أفضل دليل على تحمل النبات للملوحة ، لأن عدم قدرة البذور على الإنبات في وجود الملوحة يجعل أي قدرة محتملة لتحمل الملوحة في مراحل النمو اللاحقة عديمة الجدوى ، إذا زرعت النباتات في أراضي ملحية أو رويت بمياه يرتفع فيها تركيز الأملاح .

وبإجراء عد الإنبات يومياً وعلى مدى أحد عشر يوماً تحت ظروف المعمل على صنفين من القمح أحدهما تابع لقمح الخبز قصير الساق Probred والآخر من قمح الديورم 1000-D تحت مستويات ملوحة 0.6 ، 4.5 ، 8.8 ،

12.9 و 16.6 ديسيمتر / م ، لوحظ نقص معنوي في النسبة المئوية للإنبات بلغت 50 % عند مستويات الملوحة العالية في الصنفين . وقد أظهر نوعا القمح تحملاً أقل للملوحة عند مرحلة الإنبات مقارنة بطور الورقة الثالثة ، وإن تميز قمح الخبز بمستوى أعلى من التحمل عن قمح الديورم في فترة الإنبات (Francois *et al.* , 1986) ، في حين يُظهر قصب السكر العكس (Dev and Bajwa, 1972) .

هذا وقد إرتبطت قوة البادرات في الأرز بصفات عدد الجذور البيضاء للنبات وطول الجذر ووزن الجذر الجاف وعدد أشطاء النبات وعدد أوراق النبات والوزن الجاف للمجموع الخضري وطول المجموع الخضري ونسبة وزن المجموع الخضري : الجذري ، وذلك عند عمر 30 يوم من الزراعة تحت ظروف الملوحة (Zayed *et al.* , 2004a) .

وقد حددت صفتي عدد البادرات عند تمام للتكشف وعدد النباتات القادرة على البقاء حتى الحصاد في الفول البلدي كدلائل إنتخابية لتحمل الملوحة ، وكان المكافئ الوراثي مرتفعاً للنسبة المئوية للإنبات ومنخفضاً لعدد النباتات القادرة على البقاء حتى الحصاد (Darwish *et al.*, 2003) .

2- الثغور Stomata

تمثل الثغور أهمية كبيرة في الوظائف الحيوية لتخزين الطاقة والاستفادة منها ، كما تمثل ميكانيكية للحماية بتقليل الماء المفقود عن طريق قفل الثغر حيث يعتبر إنغلاق الثغر أحد أهم خطوط دفاع النبات ضد ظروف الإجهاد الملحي والجفافي.

إن قلة امتصاص أو فقد الماء من الخلايا الحارسة يغير من ضغط إمتلائها مما يقلل من إنفتاح الثغر ولأن الخلايا الحارسة معرضة دائماً للجو الخارجي فإنها تفقد الماء مباشرة بالبخر ، مما يقلل من ضغط الامتلاء فتتغلق الثغور بميكانيكية تسمى *Hydropassive closure* وهذه الميكانيكية تحدث حين يفقد الماء بسرعة من الخلايا الحارسة فيتم غلق الثغر لمعادلة الماء المتحرك إلى الخلايا الحارسة من خلايا البشرة.

وهناك ميكانيكية ثانية تسمى *Hydroactive closure* وهي تقوم بغلق الثغر عندما تكون الورقة أو الجذور معرضة للإجهاد . وتعتمد هذه الميكانيكية على عمليات الميتابوليزم في الخلايا الحارسة حيث تعتبر هذه عملية عكسية لميكانيكية فتح الثغر .

يمكن أن يحدث تطور للثغور تحت ظروف الانتخاب حيث أن سلوك الثغور يقع تحت تأثير التحكم الوراثي ، حيث أوضح **Quisenberry (1979)** أن سلوك الثغر يرتبط بكل من التباين للوراثي المضيف والسيادي وذلك على الرغم من أن كفاءة التوريث كانت منخفضة نوعاً ، إلا أن الانتخاب كان ممكناً، كما أنه لم يكن هناك تأثيرات للوراثة السيتوبلازمية.

وقد أظهرت الدراسات أن درجة حساسية الثغر والتناقص السريع في درجة التوصيل الثغري وإنخفاض معدل النتح خلال المراحل الأولى من التعرض للملوحة كانت من سمات أصناف الأرز المتحملة للملوحة ، في حين تأخرت سلالات الأرز الحساسة للملوحة بيوم أو يومين قبل أن ينخفض فيها معنوياً معدل التبادل الغازي (**Ismail and Moradi , 2003**).

ولقد سُجل ارتباط موجب ومعنوي بين درجة التوصيل الثغري ومعدل التمثيل الضوئي في الذرة الرفيعة ، وأشار **Netondo وآخرون (2004b)** إلى

أهمية التوصيل الشجري كعامل أساسي محدد للتمثيل الضوئي تحت إجهاد الملوحة.

وقد وجد أن التغيرات في معدل النتح في الفول البلدي تحت ظروف الملوحة تتوقف على حساسية النبات للإجهاد حيث لاحظ Moulay (2004) حدوث إنغلاق للشجر كتعبير عن قدرة الخلايا على إيدار الماء في ظل التغيرات في تيار مواد البناء والحاميات الاسموزية وعوامل مقاومة النبات للإجهاد.

3- محتوى الماء النسبي Relative water content

يعتبر محتوى الورقة النسبي من الماء من أفضل الدلائل على حالة الماء في النبات ، حيث تعكس علاقة محتوى الماء النسبي مع حجم الخلية إلى حد كبير مدي التوازن بين الإمداد المائي للورقة ومعدل النتح تحت ظروف الإجهاد. ولقد أوضح Schonfeld وآخرون (1988) أن محتوى الماء النسبي بالورقة يعتبر معياراً إنتخابياً هاماً للتربية لتحمل الإجهاد المائي في القمح . كما أشار إلى أن محتوى الماء النسبي المرتفع في الورقة يعتبر ميكانيكية مقاومة أكثر منها ميكانيكية هروب من الإجهاد. ويعتقد أنه ينتج عن التنظيم الاسموزي العالي أو المرونة المنخفضة لأنسجة الصنف المقاوم للإجهاد.

وعموماً تؤدي الملوحة إلى نقص معنوي في محتوى الماء النسبي بأوراق القمح ، إلا أن الأصناف تتباين في هذا الصدد ، فقد أظهر صنف القمح المتحمل للملوحة 65 Kharchia أقل نقص في العلاقات المائية والنمو والمحصول مقارنة بالصنف 306 C تحت تأثير الملوحة في إشارة إلى حساسية الأخير للملوحة (Sharma et al., 1994) .

وقد تميزت نباتات الدخان المعدلة وراثياً بمحتوى عالي من الماء النسبي نتيجة دور حمض Ectoine في المحافظة على ضغط الامتلاء ومنع فقد الماء وثبات الغشاء الخلوي تحت ظروف الملوحة (Sumesh *et al.* , 2003) .

4- الامتلاء النسبي Relative turgidity

يعتمد نمو الخلية على ضغط إمتلائها ، أي على قوتها الدافعة والذي يعتبر من الصفات الفسيولوجية الهامة المرتبطة بتحمل الملوحة . وتقيد تقديرات الامتلاء النسبي أو ضغط الامتلاء في قياس قدرة النبات على المحافظة على مستويات المحصول تحت ظروف الإجهاد.

وعند دراسة الاستجابات الفسيولوجية للملوحة في سلالتين منتخبتين من القمح مختلفتين في تحمل الملوحة تحت مستويين صفر و 20 % من ملوحة ماء البحر . أشار Kingsbury وآخرون (1984) إلى أن إمتصاص الماء قد يبدأ سريعاً بواسطة أجزاء الورقة حتى أول 2-4 ساعات (مرحلة 1) ثم يبدأ في التناقص إلى معدل أقرب إلى الثبات عند 4-6 ساعات (مرحلة 2) ثم يثبت عند 12 ساعة (جدول 1-11) ، حيث اتضح أنه في المرحلة الأولى يكون إمتصاص الماء ناتجاً عن نقص الماء في الأنسجة والذي إستمر حتى الساعة الرابعة . أما في المرحلة الثانية ، فقد أعزى إمتصاص الماء إلى إحتياجات النمو .

وتشير النتائج إلى أن كلاً من السلالتين الحساسة والمقاومة أظهرتا نفس الأداء تحت معاملة الكنترول ، حيث بلغ متوسط الامتلاء النسبي 98 % تقريباً. أما تحت معاملة الملوحة ، فقد تباين سلوك السلالتين معنوياً حيث تراوحت

جدول (11-1) : متوسط الامتلاء النسبي لسلاسل القمح الحساسة والمتحملة للملوحة
النامية في صفر و 20% من ملوحة ماء البحر .

سلالة مقاومة للملوحة				سلالة حساسة للملوحة			وقت أخذ العينة (d)
ΔRT_1 - ΔRT_2	ΔRT_2	20% من ماء البحر	الكنترول	ΔRT_1	20% من ماء البحر	الكنترول ^a	
5.7	1.1	95.3	96.4	6.8	90.1	96.9	1
4.7	0.9	96.7	97.6	5.6	92.2	97.8	2
4.1	3.9	95.2	99.1	8.0	90.0	98.0	3
1.4	0.2	98.3	98.5	1.6	96.8	98.4	5
-1.8	3.9	94.7	98.6	2.1	96.0	98.1	8
1.8	2.9	96.0	98.9	4.7	93.6	98.3	11
2.6 ^b	2.2	96.0	98.2	4.8	93.1	97.9	Means

a : زرع الكنترول في محلول هوجلاند المعدل .

b : أجريت المقارنة باختبار t على مستويي 0.05 ، 0.01

RT : الامتلاء النسبي (عن : Kingsbury et al., 1984)

درجة الامتلاء النسبي في السلالة المقاومة من 94.7 إلى 98.3 % بمتوسط 96 % وهي نسبة أقل قليلاً من الكنترول ، وفي نفس الوقت أعلى من السلالة الحساسة والتي تراوح مداها من 90 إلى 96.8 % بمتوسط 93.10 % . ولوحظ أن التباين في سلوك السلالة الحساسة ، قد أعزى إلى القيم المنخفضة خلال الأيام الثلاثة الأولى من التقدير .

وتدل هذه النتائج على أن النبات الذي يبدأ يومه بنقص في ضغط الامتلاء أو نقص عن الامتلاء الكامل ، يمكن أن يعاني من نقص مبكر وكبير في الماء في ذلك اليوم ، ويؤدي ذلك إلى انخفاض نشاط التمثيل الضوئي نتيجة زيادة المقاومة الثغرية . وقد ثبت مما سبق أن السلالة المقاومة تقوم بعملية

التنظيم الاسموزي بسرعة تحت ظروف الإجهاد الملحي عما هو في السلالة الحساسة.

5- التنظيم الاسموزي Osmotic adjustment

تعتبر القدرة على التنظيم الاسموزي مكون هام في مقاومة التراكيب الوراثية للملوحة ومعياراً إنتخابياً لتحمل ظروف الإجهاد في المحاصيل الحقلية. ومن المعروف أن تراكم الأملاح في التربة يؤثر على الحالة الفسيولوجية للنبات، حيث ينخفض الجهد المائي (Ψ_w) والجهد الاسموزي (Ψ_p) لخلايا النبات. وتستطيع أصناف المحاصيل المقاومة للملوحة أن تؤمن نفسها إسموزياً بزيادة تركيز الذائبات العضوية مثل البرولين والجليسين بيتين والكربوهيدرات إلى جانب البوتاسيوم والعناصر الغذائية الأخرى لزيادة قدرة الخلايا على ضبط الاسموزي.

والتنظيم الاسموزي هو العملية التي يمكن عن طريقها ضبط الجهد المائي لخلايا النبات دون أن يصاحب ذلك إنخفاض في انتفاخ الخلية. وقد عرفه (Taiz and Zeiger (1991 بأنه الزيادة الصافية في محتوى الخلية بغض النظر عن التغيرات في الحجم التي تنتج عن فقد الماء، حيث يحدث خلال تعرض الخلايا لنقص الماء زيادة في تركيز الذائبات في العصير الخلوي لإحداث التنظيم الإسموزي.

ويحدث التغير في الجهد المائي للأنسجة نتيجة التغير في جهد المحلول (Ψ_s) والجهد الاسموزي (Ψ_p)، ويتضح ذلك من المعادلة:

$$(\Psi_w) = (\Psi_s) + (\Psi_p)$$

وتحافظ أوراق السلالات التي لها القدرة على التوازن الاسموزي على إنتفاخ الخلايا في الجهود المائية المنخفضة عن أوراق السلالات التي تفتقد إلى

هذه القدرة . وتؤدي المحافظة على حالة الانتفاخ إلى تمكين الخلايا من الاستمرار في النمو والاستطالة وزيادة درجة التوصيل الثغري تحت ظروف الإجهاد.

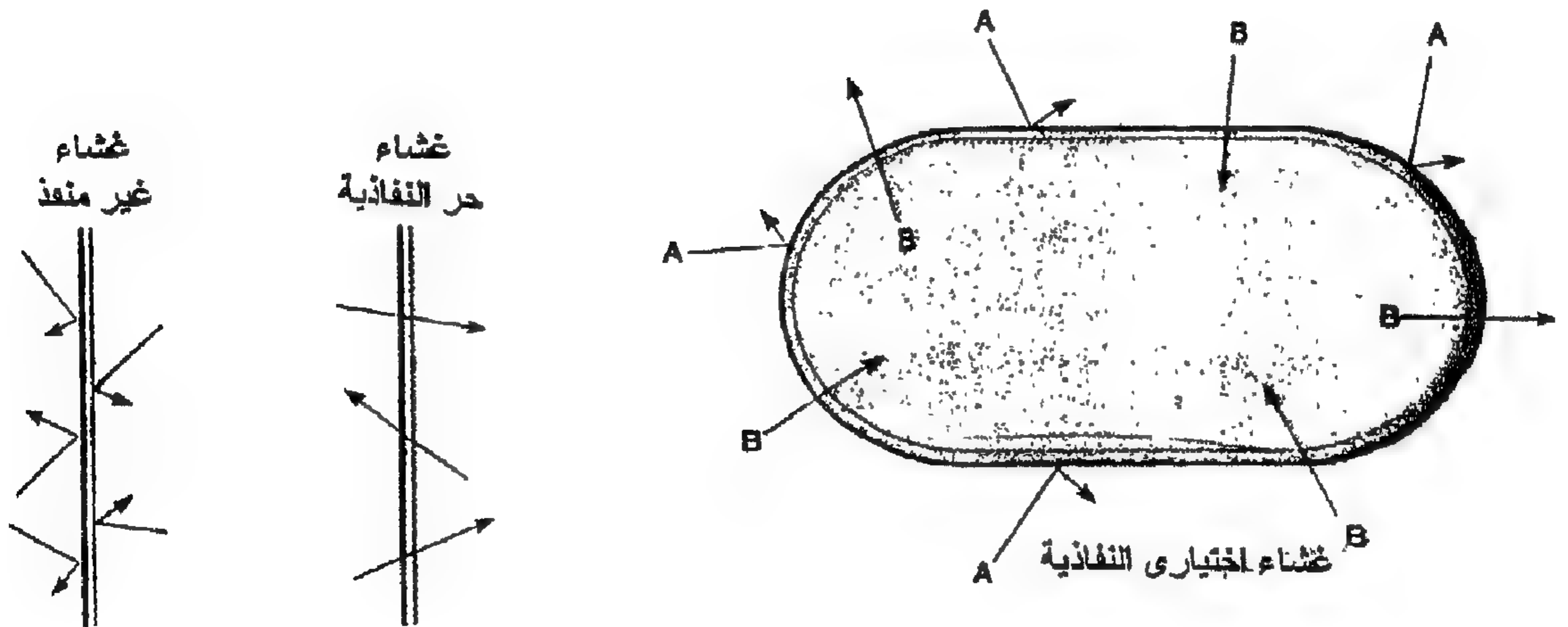
ويمكن أيضاً أن يحدث التنظيم الاسموزي في مرستيمات الجذور ، مما يساعد على الحفاظ على إنتفاخ الخلايا وإستمرار نمو الجذور وزيادة قدرتها على إستخلاص الماء من التربة.

وتوجد إختلافات بين أصناف المحاصيل في القدرة على الضبط الاسموزي ، فتتباين أصناف القمح في درجة التنظيم الاسموزي وتكون الأصناف عاليه التنظيم الاسموزي هي الأفضل نمواً وإنتاجاً من الأصناف منخفضة التنظيم الاسموزي تحت ظروف الإجهاد . حيث أوضح **Morgan (1995)** أهمية التنظيم الاسموزي في تحسين كفاءة إستخدام الماء في النبات بما يحافظ على معدلات البناء الضوئي وإنتقال ناتجات التمثيل الغذائي إلى الحبة وزيادة دليل الحصاد . فيزداد محصول أصناف القمح التي يرتفع فيها الضبط الاسموزي بمدى يتراوح من 1 إلى 60% مقارنة بالأصناف منخفضة الضبط الاسموزي تحت ظروف الإجهاد (**Morgan et al. , 1986**) .

كما سُجلت إختلافات معنوية بين أصناف قصب السكر في الاتزان المائي وصاحب تراكم أيونات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم مع البرولين ، تحسن عملية الضبط الاسموزي لأكثر الأصناف تحملاً للإجهاد COM 9516 والذي كان أقدر على إمتصاص البوتاسيوم وتميز بمحتوى أعلى من البرولين (**Panwar et al. , 2003**).

6- ثبات الغشاء الخلوي Cell membrane stability

تمثل الأغشية الخلوية حواجز طبيعية بين النبات وبيئته ، وبين إلتراكيب والعضيات الخلوية في داخل أعضاء النبات من الأوراق والجذور . وتتعدد وظائف الأغشية في علاقتها بتحمل الملوحة ، فهي تنظم عملية إنتقال الأيونات بين الخلايا والبيئة الخارجية ، وهي المسؤولة عن إختيارية إنتقال الأيونات على مستوى النسيج والعضيات والتخلص من الأيونات السامة عبر الأغشية. وتعتبر النفاذية الإختيارية من الخصائص الهامة للأغشية الحيوية ، ويعني ذلك السماح بمرور مواد معينة عبر الأغشية بسهولة وسرعة أكبر عن مواد أخرى (شكل 1 - 5) ويرجع ذلك إلى أن مناطق كثيرة من الغشاء الخلوي معظمها من الليبيدات .



شكل (1 - 5) : يوضح أن الغشاء غير المنفذ ، لا يسمح بمرور أى مواد خلاله . بينما الغشاء حر النفاذية يسمح بمرور أى مواد خلاله . ويسمح الغشاء إختيارى النفاذية بمرور مواد معينة خلاله بسرعة عن مواد أخرى ، بسبب إختلاف البنية الكيميائية على جانبيه ، فهذا الغشاء غير منفذ للمادة (A) ولكنه منفذ للمادة (B) (عن : Mauserth, 2003).

ويعتبر ثبات الغشاء الخلوي واحداً من الخصائص الفسيولوجية الهامة المسؤولة عن تحمل الملوحة ، إذ تتميز الأصناف المتحملة بدرجة عالية من ثبات الغشاء الخلوي ، بينما يزداد معدل التسرب الالكتروليتي في الأصناف الحساسة. فقد وضح أهمية ثبات الغشاء الخلوي في تحمل أصناف قمح الخبز للظروف البيئية القاسية (Pirayvatlou and Saidi , 2002) ، وكذلك الحال في تحمل صنف الأرز جيزة 178 للملوحة والذي أعطي أقل القيم في التسرب الالكتروليتي مقارنة بالصنف الحساس جيزة 177 والسلالة الأمريكية M-201 واللذين أظهرتا أعلى قيم للتسرب الالكتروليتي وضرر الغشاء الخلوي (Zayed et al. , 2004b).

ولقد تباينت أصناف قصب السكر في درجة ثبات الغشاء الخلوي من 14 - 48 % ، وكان ضرر الغشاء الخلوي أقل (13.8%) في الصنف المتحمل للملوحة Co 6304 في حين سجلت الأصناف الحساسة Co 8021 , Co 8202 قيمة أعلى لضرر الغشاء الخلوي بلغت 48.7 و 40.6% ، على الترتيب (Vasantha , 2003). وظهر نفس السلوك في نباتات الدخان المتحملة للملوحة حيث أعطت قيمة عالية لدليل ثبات الغشاء الخلوي و (Sumesh et al. , 2003).

وتؤدي الملوحة إلى نقص درجة التوصيل المائي في الأصناف الحساسة مقارنة بالأصناف المتحملة ، نتيجة نقص نفاذية الأغشية للماء أو سوبرة الجذور. إلا أن نفاذية الماء عموماً ، تقل مع زيادة الإجهاد الملحي بدرجات متباينة فيما بين الأصناف الحساسة والمتحملة للملوحة .

وقد لاحظ منصور (1994) من خلال تجاربه إنخفاض معامل نفاذية الماء مع زيادة الملوحة في كل من الشعير والقمح بعد 7 أيام (جدول 1- 12) .

إلا أن معدل النقص كان أعلى في الأصناف الحساسة مقارنة بالأصناف المتحملة. وأعزى الاختلاف بين الأصناف إلى التباين في تركيب ومحتوى الغشاء الخلوي . هذا وقد أظهرت النتائج وجود إختلافات معنوية بين معاملات الملوحة والكنترول .

جدول (12-1): تأثير إضافة 100 mM من كلوريد الصوديوم ($\Psi_s = -0.25 \text{ Mpa}$) على نفاذية الماء بخلايا طبقة تحت البشرة لغمد الشعير وخلايا قشرة جذر القمح .

النسبة المئوية من الكنترول	معامل نفاذية الماء (Cm s^{-1}) $\times 10^4$	الصنف
	الشعير ^a	الصنف الحساس
		(Morex)
100	13.8 ± 3.7	0 mM NaCl
55	7.5 ± 3.7	100 mM NaCl
		الصنف المتحمل
		(California Mariout)
100	12.3 ± 3.4	0 mM NaCl
70	8.6 ± 2.8	100 mM NaCl
	القمح ^b	الصنف الحساس
		(Urban)
100	3.31 ± 0.10	0 mM NaCl
60	1.99 ± 0.21	100 mM NaCl
		الصنف المحتمل
		(Sakha 8)
100	3.92 ± 0.34	0 mM NaCl
92	3.60 ± 0.41	100 mM NaCl

أجريت القياسات على القطاعات الطولية للبادرات النامية في وجود وفي عدم وجود ملح كلوريد الصوديوم المضاف إلى 4/1 محلول هوجلاند المغذي على 4 و 7 أيام ، على الترتيب .

(a عن : Mansour and Stadelmann, 1994)

(b عن : Mansour , 1994) .

ثالثاً: الصفات الكيموحيوية Biochemical characters

1- الذائبات العضوية Organic solutions

تحافظ نباتات المحاصيل على حياتها وتؤمن نفسها إسموزياً عن طريق زيادة تركيز الذائبات العضوية من السكريات والبرولين والجليسين بيتين وغيرها. وتسهم هذه المواد في إحداث التوازن الاسموزي ، كما تساعد في حماية النشاط الانزيمي في وجود الايونات السامة . فمن المعروف أن عملية الطرد الايوني تحمي كثير من النباتات غير الملحية Glycophytes من التأثيرات السامة للملوحة لكنها قد تسهم أيضاً في عدم الاتزان الاسموزي . ويتوقف ضبط الاسموزية على تخليق المواد المنظمة للاسموزية من الجزيئات العضوية سالفة الذكر وتعتمد عليها النباتات في تسهيل إمتصاص الماء داخل النبات ، كما تعتبر مصدراً للكربون والنيتروجين والطاقة والتي تخفف من أثر الإجهاد الملحي.

1.1- السكريات

يزداد تراكم السكر في التراكيب الوراثية المحتملة مع زيادة مستوى الملوحة والذي لوحظ في عديد من أصناف محاصيل القمح والشعير والأرز والحمص والدخان وغيرها.

وتبذل النباتات طاقة للحصول على إحتياجاتها من الماء والعناصر الغذائية تحت ظروف الملوحة ، ويعتبر مستوى الكربوهيدرات ومركبات الطاقة اللازمة في عمليات الفسفرة في الخلية مدلولاً على قدرة النبات على الأقامة مع ظروف الملوحة . ولقد لاحظ سلام وعافية (1998) زيادة محتوى الكربوهيدرات الكلى في سيقان أصناف القمح وكانت الزيادة أكثر وضوحاً في الصنف المتحمل ياكورا روجو والسلالة 2 تحت مستوى الملوحة العالي (8000

جزء في المليون) . كما زاد محتوى الكربوهيدرات غير الذائبة معنوياً في الصنفين ، وأعزى ذلك إلى عدم إنتقال الكربوهيدرات الميسرة والاستفادة بها نظراً لنقص مركبات الطاقة ATP المطلوبة نتيجة نقص إمتصاص الفوسفات غير العضوي تحت ظروف الملوحة ، أو نتيجة قيام النبات بتوظيف مركبات الطاقة ATP في إنتقال الأملاح وتخزينها في الفجوات . ولقد تميز صنف قمح الخبز المصري سخا 8 المتحمل للملوحة بزيادة تراكم الكربوهيدرات خاصة الذائبة المختزلة (جلوكور وفركتوز) وغير المختزلة (سكرور) والتي تعمل على تحسين الاستخدام الأمثل للمياه المتاحة وتزيد من قدرة النبات على الضبط الاسموزي (Salib et al. , 2003) .

ولقد أشارت الدراسات الفسيولوجية إلى قدرة أصناف الأرز المقاومة للملوحة مثل الصنف Pokkali على تراكم السكرور ، كما إزداد به نشاط تخليق إنزيم السكرور - فوسفات (SPS) ، في حين حدث تراكم للسكريات المختزلة مثل الجلوكور والفركتوز وإنخفض مستوى التريهالوز والنشاط الإنزيمي في الصنف الحساس Ikp . كما إزداد محتوى السبيرميدين Spermidine في الصنف المقاوم ولم يتغير في الصنف الحساس للملوحة ، حيث اتضح دور هذا الحمض الأميني في تنظيم عمل إنزيم (SPS). وفي هذا المجال ، أوضح Lutts (2003) أهمية العامل الوراثي *Rsus 2* في تنظيم مستوى نسخ إنزيم (SPS) ومن ثم المقاومة للملوحة .

كما وأنه في البقوليات البذرية ، لوحظ زيادة تراكم السكر في التراكيب الوراثية المحتملة من الحمص مع زيادة تركيزات الملوحة من صفر ، 4 إلى 8 ديسيمتر/م (Singh et al. , 2003e) ، وكذا في أصناف السمسم المحتملة RT-127 , RT-46 , RT-54 مقارنة بالصنف الحساس RT-125 والذي

إزداد به محتوى الـ Malondialdehyde كمؤشر لضرر الملوحة (Gehlot and Purohit , 2003) . علاوة على ذلك ، إحتوت نباتات الدخان المعدلة وراثياً على مستويات عالية من السكروز وحمض الأبسيسيك - trans ABA مع زيادة مستويات الملوحة . وأشارت الدراسة إلى أهمية حمض ectoine في تنبيه وتنشيط وفهم طبيعة وراثته تحمل ظروف الإجهاد (Begam et al. , 2003) .

وعلى أساس مستوى الطاقة وتراكم الصوديوم في نباتات قصب السكر، لوحظ أن الأصناف المتحملة للملوحة توظف طاقة أقل لكل ميكروجرام من الصوديوم عن الأصناف الحساسة . فقد تميزت أصناف قصب السكر المتحملة للملوحة. بالقدرة على تراكم نسبة أعلى من المواد الكيماوية المنظمة للأسموزية تزامنت مع أقل نقص في المحصول (20-35 %) ، في حين أخذت الأصناف الحساسة إتجاه معاكس (Dwivedi and Srivastava , 2000).

2.1- تراكم البرولين والأحماض الأمينية الحرة

Proline and free amino acids accumulation

يلعب البرولين دوراً في عملية التنظيم الاسموزي للخلايا ، حيث يزداد تراكمه في أوراق النباتات التي تتعرض لظروف الإجهاد الملحي . ومن المعلوم أن البرولين كمركب نيتروجيني ينظم بكفاءة عالية تخزين النيتروجين الضروري للنبات لعمل التوازن الاسموزي كما يعتبر مؤشراً للكفاءة المحصولية تحت ظروف الملوحة.

هذا وقد تميزت أصناف القمح الأكثر تحملاً للملوحة مثل الصنف Kharchia-69 بالقدرة على تراكم مستويات أعلى من البرولين وتزامن ذلك مع

زيادة الضغط الاسموزي للعصير الخلوي مقارنة بالصنف الحساس J-405 ، مع زيادة مستويات الملوحة (Maliwal and Sutaria , 1992).

وإختلفت أصناف القمح معنوياً في محتوى الأوراق الخضراء من البرولين خلال مرحلة التفريع وطرده السنابل (جدول 1 - 13) . وكانت الأصناف إيكاردا 8 وإيكاردا 7 وسخا 8 الأعلى في محتوى البرولين وتحمل الملوحة (Nigem et al. , 1996) .

كما إزداد تراكم البرولين وأظهر علاقة موجبة وتحمل الملوحة في الذرة الشامية (Abdel Tawab , 1997) . وإزداد تراكم البرولين والبروتين ، وكذا نشاط انزيمات الكتاليز والاميليز والبيروكسيداز في بادرات جيرمبلازم الحمص عمر 8 أيام مع زيادة مستوى الملوحة من صفر ، 4 إلى 8 ديسيمتر/م ، حيث سجل Singh وآخرون (2003b) ارتباطاً موجباً ومعنوياً بين هذه التقديرات الكيماوية ونسبة الإنبات . كما أكدته دراسة مصطفى (2006) في القطن والذي سجل ارتباط موجب ومعنوي بين محصول القطن الزهر للنبات ومحتوى البرولين ، وإرتباط سالب ومعنوي بين دليل الحساسية للملوحة لمحصول القطن الزهر للنبات ومحتوى البرولين ، في صالح تحمل الملوحة .

كما وضح أهمية حمض الأبسيسيك كإشارة فعالة على المستوى الأيوني (مع زيادة مستوى أيون الصوديوم Na^+) والمستوى الاسموزي (سكروز ، نواتج التمثيل العضوية والانتفاخ) في تحمل أصناف قصب السكر ، Co 740 CoS 767, Up -5 للملوحة مقارنة بالصنف الحساس CoJ 64 ومتوسطة التحمل Co 1148 و CoLK 8001 (Dwivedi, 2004) . وتشير هذه النتائج إلى أهمية المكونات الكيموحيوية كتقديرات مفيدة في برامج التربية لتحمل الملوحة.

جدول (1 - 13) : تأثير التركيب الوراثي لأصناف القمح وملوحة مياه الري على محتوى البرولين بالأوراق

محتوى البرولين (ppm) ميعاد العينة (يوم)		A : تراكيب القمح الوراثية (G)
90	60	
506 h	322 f	ICARDA -1
551 g	410 de	ICARDA -2
592 f	461 cd	ICARDA -3
633 e	439 d	ICARDA -4
767 c	651 b	ICARDA -5
517 gh	379 e	ICARDA -6
836 b	652 b	ICARDA -7
897 a	768 a	ICARDA -8
620 ef	446 d	ICARDA -9
625 ef	396 e	ICARDA -10
596 f	412 de	ICARDA -11
640 e	431 de	ICARDA -12
874 ab	620 b	Sakha -8
666 e	496 c	Sakha -69
714 d	445 d	Giza -155
520 gh	425 de	Giza -163
**	**	F. Test

		B : ملوحة مياه الري (S)
625 b	350 b	2750 PPm
695 a	480 a	8000 PPm
**	**	F . Test

		C : التفاعل
**	**	SXG

(عن : Nigem et al., 1996)

3.1- الجليسين بيتين Glycine betaine

يعتبر الجليسين بيتين من أهم المواد العضوية الذائبة التي تتراكم في سيتوبلازم خلايا النباتات المعرضة للإجهاد الملحي مؤدياً إلى أحداث الاتزان الاسموزي ، مما يزيد من قدرة النبات على تحمل الملوحة . وقد أشارت الدراسات الفسيولوجية إلى إحتواء النباتات المقاومة المحبة للملوحة Halophytes على مستويات مرتفعة من البيتين ، وأن تراكم الجليسين بيتين في أوراق النباتات كان مصحوباً بزيادة قدرتها على تحمل الملوحة في بعض الأنواع النباتية.

وقد إزداد تراكم البيتين في أصناف الشعير Jeoniju , Gondar 1 , Haru -nanijou وصنف القمح Gogatsu ونباتات الراي تحت ظروف غرف النمو إستجابة للملوحة (Arakawa *et al.*, 1992 and Ishitani *et al.*, 1993) . وعلى ذلك يمكن القول بأن تراكم الجليسين بيتين يمكن أن يكون دليلاً إنتخابياً لتحسين تحمل الملوحة ، على الرغم من أن هذه الصفة بمفردها لا تعتبر معياراً كافياً إذا لم تتوافر الصفات الأخرى التي يعزى إليها تحمل الملوحة. وتجدر الإشارة إلى أن المعاملة الخارجية بالبيتين يمكن أن تؤدي إلى حث زيادة التحمل للملوحة.

2- المحتوى الأيوني Ion concentration

ترجع حساسية بعض أنواع المحاصيل للملوحة إلى فشل النباتات في إستبعاد أيوني الصوديوم Na^+ والكلوريد Cl^- بعيداً عن سيتوبلازم الأنسجة النباتية . وتظهر أضرار الملوحة على أوراق أصناف المحاصيل الحساسة مع زيادة تركيز الأيونات في الأبوبلاست و تأثير الأيونات السامة على عمليات

الأيض الغذائي . حيث يتحتم على النبات تحت ظروف الإجهاد الملحي ، إمتصاص مغذيات أكثر ومنع إمتصاص الأيونات السامة تحت الجهود المائية المنخفضة مقارنة بالظروف العادية . ومن هنا تأتي أهمية التعرض إلى الجوانب التي تمكن النبات من الإقلمة وظروف الإجهاد الملحي :

أ- التحكم في إمتصاص الأيونات

يتميز النبات المتحمل للملوحة بالقدرة على منع إمتصاص الأيونات السامة والحفاظ على مستويات عادية من الأيونات المغذية عن النبات الذي لا يستطيع منع تراكم الأيونات والحفاظ على التوازن الغذائي . وتعد عملية منع دخول الأيونات السامة داخل الجذور أو المجموع الخضري واحدة من الفروق الواضحة بين الأصناف المتحملة والحساسة للملوحة . وتعتبر التربية لخفض تراكم الأيونات السامة وكفاءة إمتصاص المغذيات تحت ظروف الإجهاد الملحي أو تحمل سمية نوعية معينة من الأيونات من الميكانيكيات المفيدة في برامج تحسين تحمل الملوحة في الأصناف الحساسة.

ب- نظام إدارة وتعامل النبات مع الأيونات

يعتبر ذو أهمية في القدرة على مقاومة الملوحة ويتم ذلك بفعل أنظمة كيموحيوية وفسيولوجية معينة ، تمكن النبات من إستبعاد الأيونات السامة ومنع وصولها إلى النموات الخضرية . وفي هذا المجال وجد **Asharf and Aasiya Khanum (1997)** أن مقاومة أصناف القمح للملوحة ، إرتبطت مع القدرة على الاستبعاد الجزئي للصوديوم والكلوريد من أنسجة النبات إلى جانب المحتوى المرتفع من البوتاسيوم والكالسيوم . كما ارتبط التوزيع الجيد للصوديوم والمحتوى المناسب من البوتاسيوم مع تحمل صنف القمح سخا 8 للملوحة مقارنة بالصنف جيزة 162 (Mansour and Salama , 1996) .

وأظهر صنف القطن Z 407 التابع للنوع *G. hirsutum* القدرة على إعادة توزيع كاتيون البوتاسيوم K^+ حتى في وجود تركيزات عالية من الصوديوم في الأوراق الصغيرة تحت مستوى الملوحة المرتفع 200 mM كلوريد صوديوم (Leidi and Saiz , 1997) .

ج- إختيارية مرور الأيونات

تمتلك النباتات المتحملة للملوحة خاصية إختيارية مرور الأيونات من خلال السفاذية الإختيارية للأغشية الخلوية التي تمكن النبات من تمييز الأيونات المتشابهة كيميائياً مثل الصوديوم Na^+ والبوتاسيوم K^+ ، حيث تمنع مرور أيون معين وتسمح بمرور أيون آخر أو قد تعمل على نقل أيون ثالث خارج الخلية ويكون ذلك حسب أهمية هذا الأيون وحاجة النبات إليه . وتعتبر هذه الخاصية ذات قيمة كبيرة في تحمل الملوحة . فقد أشار Tattini (1994) أن تحمل الملوحة في القمح والشعير يرتبط مع تفضيل البوتاسيوم K^+ في مقابل الصوديوم Na^+ وأنها صفة وراثية هامة في تحمل الملوحة . هذا وقد لوحظ أن إختيارية الأغشية تتحسن في وجود الكالسيوم Ca^{2+} . وقد أعزى Ashraf and O'Leary (1996) تحمل الملوحة في سلالتى القمح S 36 ، S 24 إلى المحتوى المنخفض من الصوديوم والكلوريد والمحتوى المرتفع من البوتاسيوم والنسبة بين البوتاسيوم : الصوديوم في الأوراق وإختيارية البوتاسيوم مقابل الصوديوم مقارنة بباقي الأصناف ، في أغلب الحالات عند مستويات الملوحة تحت التجريب (جدول 1- 14) .

وفي الأرز ، إزدادت إختيارية البوتاسيوم عن الصوديوم وقلت إختيارية الصوديوم عن الكالسيوم في الأصناف المتحملة مع زيادة الملوحة . وقد سجل Zeng وآخرون (2003) إرتباط معنوي بين محصول الحبوب وكل من

إختيارية البوتاسيوم عن الصوديوم والصوديوم عن الكالسيوم. وتؤيد هذه النتائج أهمية صفة الاختيارية في مرور الأيونات عبر الأغشية الخلوية كمكون هام ومعياري انتخابي مفيد في برامج غربلة جيرمبلازم المحاصيل لتحمل الملوحة.

جدول (1 - 14) : نسبة البوتاسيوم / الصوديوم وإختيارية البوتاسيوم مقابل الصوديوم في أوراق 7 أصناف / سلالات من القمح الربيعي قبل مرحلة البلعمة عند زراعتها في بيئة رملية بملوحة صفر ، 125 أو 250 (مول/م) كلوريد صوديوم في محلول هوجلاند المغذي .

تركيز الأملاح (مول / م)						الصنف / السلالة
إختيارية البوتاسيوم مقابل الصوديوم بالورقة			نسبة K / Na بالورقة			
250	125	0	250	125	0	
59.4± 6.11a	52.3± 4.81ad	6.64± 0.23a	1.90± 0.12a	3.35± 0.16acd	53.08± 4.35a	S36
45.9± 4.82b	69.7± 5.52b	8.59± 0.46a	1.47± 0.11a	4.46± 0.23a	68.69± 5.60b	S24
27.2± 3.81c	68.0± 7.08b	9.43± 0.68a	0.87± 0.09b	4.35± 0.19a	75.45± 8.92c	SARC-1
25.3± 3.92cd	87.1± 6.98c	6.32± 0.53a	0.81± 0.08bc	5.57± 0.29b	50.57± 3.43a	LU26S
43.8± 5.12b	59.4± 3.91ab	9.35± 0.69a	1.40± 0.12a	3.80± 0.24ac	74.77± 6.18c	Kharchia
19.4± 2.43d	45.6± 4.42e	8.57± 0.47a	0.62± 0.07bc	2.92± 0.19cd	68.59± 5.51b	Potohar
9.73± 2.34e	38.3± 4.67e	7.58± 0.61a	0.31± 0.07c	2.45± 0.16d	60.62± 4.89d	Yecora Rojo

(عن: Ashraf and O' Leary , 1996).

د- المحافظة على الاتزان الأيوني

تعتبر قدرة النبات على المحافظة على التوازن بين البوتاسيوم : الصوديوم السيتوبلازمي مع الأيض الطبيعي من خلال عملية الانتقال الأيوني عبر الغشاء البلازمي والتونوبلاست من الميكانيكيات المتحكمة في تحمل الملوحة والواقعة تحت نظام التحكم الوراثي . حيث يستبعد الملح إلى الفجوات و / أو يعود إلى الوسط الخارجي ، بينما يتوزع البوتاسيوم في السيتوبلازم ويستلزم هذا الموديل القدرة على ما يلي :

1- التمييز بين أيوني الصوديوم والبوتاسيوم عند الغشاء البلازمي والتونوبلاست.

2- قدرة عالية للأغشية على ضخ الأيونات الزائدة إلى الخارج من خلال قنوات الأيونات. فتمتلك بعض الأنواع النباتية القدرة على تخلص نفسها من الأيونات السامة وهي عملية مرتبطة بوظيفة الأغشية ونشاط إنزيم H^+ ATPase بضخ أو طرح أيون الصوديوم Na^+ وإزالته من داخل الخلية خارج السيتوبلازم وهو ما لوحظ في محصول الشعير وعديد من النجيليات المتحملة للملوحة.

3- تستطيع بعض الأنواع النباتية المقاومة للملوحة استبعاد الأملاح بإفرازها في حبيرات (غدد ملحية) في الأوراق كما في جنس الأتربلكس وتُفرز منها إلى أسطح الأوراق وتغسل بالندي أو ماء المطر . وتقوم بعض الأنواع الأخرى المحبة للملوحة بتخزين الملح في الأوراق القديمة ثم سقوط هذه الأوراق أو تخزينه في السويقات الجنينية أو الجذور أو القصيبات أو السيقان .

4- تتميز نباتات المحاصيل ثنائية الفلقة المحبة للملوحة بالقدرة على تحمل تراكم كميات كافية من الأيونات من خلال أنظمة فيزيائية وكيموحيوية بما يكفل المحافظة على النمو عند نقص الإمداد المائي وزيادة ملوحة التربة.

3- أنظمة الحماية ومضادات الأكسدة Antioxidants

تلعب مضادات الأكسدة دوراً حيوياً في حماية النظام الحيوي والنشاط الأنزيمي والمكونات الكيموحيوية والعمليات الفسيولوجية من أضرار الأنواع الأوكسجينية النشطة ، وتحدد درجة النشاط الأنزيمي مستوى التحمل للإجهاد البيئي . وتجدر الإشارة ، إلى إمكانية حث النظام الدفاعي لمقاومة الإجهاد عن طريق المعاملة الخارجية ببعض المثبرات مثل الأشعة ، الحرارة العالية وفوق أكسيد الهيدروجين وغيرها.

وتشير الدراسات المتقدمة ، إلى أن إنتاج الأنواع الأوكسجينية النشطة يعتبر نتيجة طبيعية لتأثير الإجهاد الملحي . وتؤدي فوق الأكاسيد إلى هدم الليبيدات والبروتينات والحمض النووي دنا والصبغات ، إلا أنه وعلى الجانب الآخر تلعب مضادات الأكسدة النباتية دوراً حيوياً في التخلص من الأنواع الأوكسجينية ، ومن ثم تقليل عملية الهدم . ولقد لوحظ في أصناف القمح المتحملة للملوحة زيادة مستوي نشاط أنزيمات *Superoxide dismutase* , *Catalase* , *Glutathione reductase*, *Ascorbate peroxidase* , *Peroxidase* مع زيادة الإجهاد الملحي من 5.4 إلى 10.6 ديسيمتر/ م مقارنة بالأصناف الحساسة والتي زاد فيها إنتاج فوق أكسيد الهيدروجين و *Thiobarbituric* والتي تعتبر مؤشراً لهدم الليبيدات كما نقص محتوى حمض الأسكوربيك والصبغات وثبات الغشاء الخلوي (Sairam *et al.*, 2003) .

كما لوحظ تأثير تعاوني لهذه الإنزيمات كنظم حماية تحت ظروف إجهاد الملوحة والبورون عند مرحلتى نمو البادرات والتضج في القمح (Angrish *et al.*, 2003) ، وارتفع محتوى الجلوتاثيون في تراكيب الذرة الشامية والترمس الأكثر تحملاً للملوحة والجفاف عن سلالات الدخن وفول الصويا الأقل في محتوى الجلوتاثيون والأكثر حساسية للإجهاد مع أقل نقص في إنتاج المادة الجافة (Tepe and Harms , 1995) . ولعب نشاط انزيم *Superoxide dismutase* دوراً في الحماية من الأنواع الأوكسجينية النشطة (الضارة) وتحمل صنف الأرز CSR-13 , Pokkali للملوحة مقارنة بالصنف MI 48 الحساس (Singh *et al.*, 2003d) . وإستخدم نشاط إنزيم البيروكسيداز كأحد الدلائل الهامة في غربلة سلالات الأرز لتحمل الملوحة (Babu *et al.*, 2003).

وفي البرسيم الحجازي إزداد نشاط إنزيم الفوسفاتيز الحامضي تحت ظروف الملوحة في الصنف المتحمل Yazdi مقارنة بالصنف الحساس Hamedani (Ehsanpour and Amini , 2003) .

كما إزداد نشاط أنزيمات البيروكسيداز والكتاليز والاميليز وإنخفض نشاط البيروتييز مع زيادة تراكم البرولين والبروتين والسكر والفينول في أصناف الحمص المتحملة للملوحة ، وكان الارتباط موجباً بينهما والنسبة المئوية للإنبات، حيث أشار Singh ومعاونوه (2003e) إلى أهمية هذه المكونات الكيموحيوية كمؤشرات مفيدة في تحسين تحمل الملوحة .

4- محتوى الأحماض النووية Nucleic acid content

مع تقدم أساليب التقنية الحيوية والبيولوجيا الجزيئية إنتقل عمل المربي واهتمله مع المتخصصين في مجال الوراثة والهندسة الوراثية إلى مستوى الأحماض النووية . فبدل محتوى الأحماض النووية على مستوى النشاط الحيوي في النبات تحت ظروف الإجهاد . وتشير نتائج بعض الدراسات إلى وجود ارتباط موجب ومعنوي بين محصول حبوب القمح وكل من نسبة الحمض النووي دنا والبرولين والصوديوم والبروتين الذائب والسكريات المختزلة ، في حين كان الارتباط سالباً مع نسبة كل من الحمض النووي رنا والماغنسيوم . ولقد زاد محتوى دنا و رنا في المجموع الخضري وسيقان الصنف المتحمل ياكورا روجو تحت مستوى الملوحة العالي 8000 جزء في المليون، كما لوحظ زيادة معنوية في محتوى الحمض النووي رنا في التراكيب الوراثية المتحملة ، سلالة 1 وجيزة 160 وجميزة 1 عند مستوى الملوحة 4000 جزء في المليون وفي الأصناف المتحملة مكسيياك 69 وسخا 92 عند مستوى 8000 جزء في

المليون (Sallam and Afiah , 1998) ، وأعزى زيادة تراكم دنا و رنا في المجموع الخضري للأصناف إلى التأثير المثبط للملوحة على نشاط إنزيمي RNase , DNase . غير أنه مع إجهاد الملوحة الشديد ، يحدث نقص في تخليق دنا و رنا ويزداد معدل هدم الأحماض النووية .

5- محتوى الفوسفوليبيدات والستيرولات

Phospholipids and sterols content

ترتبط التغيرات في محتوى الاستيرولات والفوسفوليبيدات والجليكوليبيدات مع تراكم أيون الكلوريد Cl^- وأيون الصوديوم Na^+ تحت ظروف الملوحة . وتلعب الاستيرولات دوراً فعالاً في تنظيم درجة ثبات الغشاء البلازمي ونفاذ الأيونات وتحمل الملوحة . ودلت الدراسات على أنها صفة مستحثة وراثياً تحت ظروف الملوحة : ولقد لاحظ منصور وآخرون (1994) زيادة مركبات الاستيرولات Stigmasterol , brassisterol , cholesterol ونقص محتوى الفوسفوليبيدات و Phosphatidyl choline مع إجهاد الملوحة في القمح ، كما تميزت أصناف الشعير وبنجر السكر والفاصوليا المتحملة للملوحة بمستوى عالي من الاستيرولات عن الأصناف الحساسة (Staples and Toenniessen , 1984).

وتتميز تراكيب الجدر الخلوية ذات القدرة العالية على التحكم في النفاذية بوجود فوسفوليبيدات الـ Saturated phosphatidylethanol – amine, phosphatidylglycerol , phosphatidylcholine حيث تقوم بهذا الدور بفعل التوازن الجيد بين حجم المجاميع القطبية وحجم الجزيئات المحبة للماء ، حيث سُجلت زيادات معنوية في محتوى الفوسفوليبيدات في جذور الأنواع المقاومة للملوحة مثل بنجر السكر ولسان الحمل ، في حين يقل في الأنواع

الحساسية . وقد أعرى هذا إلى تأثير أيونات الصوديوم والبوتاسيوم على حدث نشاط إنزيم ATPase .

ويؤثر تركيب الأحماض الدهنية في الفوسفوليبيدات على نفاذية الأغشية، فتقل نفاذية أغشية الفوسفوليبيدات مع نقص درجة تشبع الفوسفوليبيدات . ويؤدي زيادة عدم التشبع إلى زيادة معنوية في النفاذية السلبية لكاتيون البوتاسيوم K^+ عن الصوديوم Na^+ . كما لوحظ إرتفاع محتوى الأوراق من حمض اللينوليك عن اللينولينك في الأنواع المتحملة للملوحة مثل بنجر السكر ، مما يعطيها القدرة أيضا على تحمل درجات الحرارة المنخفضة . ولقد وجد Dwivedi (2000) أن محتوى الأحماض الدهنية Tri - acid كان عاليا 37.7-61.5% في أصناف قصب السكر المتحملة للملوحة CoS 767 , CoS 8118 ، مع أقل نسبة نقص 25.9- 38.5 % في المادة الجافة ، في حين سجل الصنفان Co 1148 , CoJ 64 محتوى 19.6 % و 7.5 % من هذه الأحماض مع أعلى نسبة نقص في المحصول 50.2 , 68.9 % وصنفت كأصناف متوسطة التحمل وحساسة للملوحة ، على الترتيب.

ولقد لوحظ إرتفاع نسبة الاستيرول / الفوسفوليبيدات في السلالات المقاومة للملوحة عن السلالات الحساسة . وتفقد أنسجة النبات القدرة على تنظيم مرور الأيونات عبر الأغشية عند إرتفاع هذه النسبة عن الوحدة . وعلى الجانب الآخر ، يقل محتوى الجليكوليبيدات Glycolipids في جذور وسوق الشعير والبنجر وزهرة الشمس والبرسيم الحجازي ولسان الحمل مع إجهاد الملوحة (Staples and Toenniessen, 1984).

الباب الرابع

الاختلافات الصنفية ومصادر التحمل للملوحة

Varietal Differences and Genetic Resources for Salinity Tolerance

تختلف القدرة على تحمل الملوحة من جنس إلى آخر ، فمثلا يعتبر جنس الشعير والقطن وبنجر السكر والبرسيم الحجازي وبعض محاصيل الزيت مثل الريب أكثر مقاومة للملوحة من محاصيل أخرى مثل الفول البلدي والعدس والسمسم .

كما تختلف قدرة الأنواع داخل جنس المحصول الواحد على المقاومة للملوحة تبعا لمستوي التعدد الكروموسومي ، فيعتبر القمح السداسي أكثر مقاومة للملوحة من الأقماح الرباعية والثنائية ، كما تعتبر الأنواع للرباعية من جنس الـ Brassica أكثر تحملا للملوحة من الأنواع الثنائية. وتختلف أصناف المحاصيل داخل النوع الواحد في تحملها للملوحة . فتعتبر أصناف الأرز متأخرة النضج الطويلة أكثر مقاومة للملوحة من الأصناف الأخرى ، كما تتباين سلالات قصب السكر وراثيا في مقاومتها للملوحة . وعموماً يمكن سرد هذه الاختلافات على النحو التالي :

القمح Wheat

تتميز أصناف قمح الخبز المحلية بميزة 7 ، بميزة 9 ، بميزة 10 ، سدس 1 ، سخا 8 وسخا 93 بالقدرة على تحمل الملوحة مقارنة بالأصناف جيدة 165 وجيزة 168 (Anonymous , 2007) .

ووجد سلام وعافية (1998) أن أكثر السلالات تحملاً للملوحة السلالة
 1 يليها الصنف ياكورا روجو والسلالة 3 والسلالة 2 والصنفان جيزة 160
 ومكسيباك 69 . وقد أظهرت الدراسات البحثية أن الصنف جيزة 164 كان أكثر
 تحملاً للملوحة يليه سخا 8 وسدس 1 ، في حين كانت الأصناف جيزه 165
 وجيزه 168 وسخا 93 متأثرة بالملوحة (EL-kholy *et al.* , 2004) .
 وبمقارنة الأصناف سخا 8 وساحل 1 وسدس 1 فيما يتعلق بتحملها
 للملوحة ، كان الصنف سخا 8 أقدر على تحمل الملوحة مقارنة بالأصناف ساحل
 1 وسدس 1 (Salib *et al.* , 2003) .
 وقد أظهرت سلالتا القمح الأجنبية PI 78012 , PI 180988 درجة
 عالية من المقاومة للملوحة ، في حين كانت السلالتان PI 94353 ,
 PI 94341 أكثر حساسية للملوحة (Mansour *et al.* , 1993) .
 وقد سجلت السلالتان الأجنبيةتان KRL 1-4 , K 9006 أقل نسبة من
 الصوديوم / البوتاسيوم بالأنسجة وكانت عالية التحمل للملوحة مقارنة بالصنف
 K 9644 الذي سجل أعلى نسبة من الصوديوم / البوتاسيوم (Parihar and
 Singh , 2003) .
 وتميز الصنف Kharchia 65 بتحملة العالي للملوحة ، حيث أظهر أقل
 نقص في الناتج الكلي من المادة الجافة والمحصول وأعلى نشاط لمضادات
 الأكسدة والضبط الاسموزي ومحتوي البوتاسيوم ومحتوي أقل من الصوديوم
 وفوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 ، في حين تباينت الأصناف HD 2687 ,
 KRL 19 , 2009 في درجة تحملها للملوحة (Sairam *et al.* , 2003) .

وعلى مستوى مزارع الأنسجة ، كانت الأصناف الأجنبية West Bred 911, Yecora Rojo هي الأكثر تحملاً للملوحة يليها الصنفان المحليان جيزة 157 ثم سخا 90 (Barakat and Abdel – Latif , 1996) .

كما يعتبر الصنف Nebraska التابع للنوع *Agropyron desertorum* والتراكيب الوراثية PI 276399 , PI 297874 التابعة للنوع *Agropyron elongatum* من المصادر الوراثية التي أمكن تربيتها وإنتخابها لتحمل الملوحة (Shannon and Noble , 1990 and Flowers and Yeo 1995).

وتعتبر الأنواع التابعة لجنس *Agropyron* مثل *A. elongatum* ، *A. junceiformis* ، *A. cliac* ، *A. seirpea* ، *A. pontica* مصادر هامة للمقاومة للملوحة (Dvorak et al., 1988 and Singh , 2001).

الشعير Barley

يتميز صنف الشعير المحلي جيزه 123 والصنف الأمريكي Beecher والسلالة المستنبطة حديثا SU 12330 وسلالات الايكاردا 2 ، 3 ، 4 واكساد 410 بثبات المحصول والملاءمة للزراعة تحت ظروف الإجهاد الملحي المرتفع في الصحاري المصرية (Afiah, 2001) .

وبناء على قياسات دليل الحساسية للملوحة ، فقد تفوقت سلالات الشعير ذات الصفين G16 , G9 , G6 , G4 , G2 , G1 في تحملها للملوحة مقارنة بالسلالات G15 , G14 , G11 , G10 , G8 , G7 , G5 , G3 . كما كانت سلالات الشعير ذات السنته صفوف G8 , G7 , G6 , G5 , G4 , G2 أكثر تحملاً للملوحة مقارنة بالسلالات G10 , G9 , G3 , G1 (Afiah et al. , 2001)

وتعتبر أصناف الشعير الهندية Karan 19 , Karan 92 وكذا الصنف الدنماركي Golden مصادر هامة لتحمل الملوحة (Singh, 2001 and Finnie et al. , 2004) ، هذا إلى جانب الصنف الأجنبي California Mariout ، في حين يعتبر الصنف Morex حساساً للملوحة (Mansour and Stadelman, 1994).

الأرز Rice

يعتبر الأرز من المحاصيل المتحملة للملوحة ، إلا أن هناك تبايناً في درجة تحمل الأصناف لمستويات الملوحة المختلفة ، فتتميز أصناف الأرز المحلية جيزه 159 وجيزه 178 وسخا 104 وهجين مصرى 1 بإمكان زراعتها في الأراضي الملحية حديثة الاستصلاح وعند وجود مشاكل في مياه الري وجودتها (Anonymous , 2007) .

وقد تميزت السلالات الطفرية المستتبطة حديثاً من الأرز الصحراوي Hegazi FOW , Hegazi C₂₀ D²⁰ , Hegazi LIC , Hegazi BOW بالمحصول العالى وتحمل الملوحة مقارنة بالصنف جيزه 177 (Abo Hegazi, 2007) .

وفيما بين الأصناف المحلية والأجنبية ، يعتبر الصنف جيزه 178 والسلالة IRAT 111 متحملين للملوحة ، والسلالة IR47686-6-2-2-1 متوسطة التحمل ، في حين كان الصنف جيزه 177 حساساً للملوحة (Shehata , 2004) .

كما يتميز الصنف البلجيكي Pokkali بالمقاومة للملوحة ، بينما كان الصنف Ikp حساساً للملوحة (Lutts , 2003) . وأكدت الدراسات تميز الصنف Pokkali وكذلك السلالة CSP 10 بمستوى عالي من تحمل الإجهاد

الملحي مقارنة بالأصناف 1, Pusa Basmati , Pant Dhan 4 , Type III , Basmati 370 (Shankhdhar *et al.* , 2003) .

ولقد إحتلت السلالات IR 20 , ADT 39 المرتبة الأولى في تحمل الملوحة يليها الصنف TRY I ، في حين كان الصنفان ADT White Ponni, 38 أكثر حساسية للإجهاد الملحي (Djanaguiraman *et al.*, 2003) .
وقد تميزت الأصناف الأجنبية Pokkali , CSR 10 , CSR 11 , IR 47 , CSR 27 بتحمل الملوحة ، في حين كانت السلالة CSR 30 متوسطة التحمل والسلالتين IR 28 , MI 48 حساستين للملوحة (Ammar *et al.*, 2007) .

الذرة الشامية Maize

تتميز سلالات الذرة الشامية جيزه 444 وجيزه 504 بزيادة الوزن الجاف للجذور ونسبة وزن المجموع الجذري : الخضري مقارنة بالسلالتين جيزه 102 وجيزه 241 . وأظهرت الهجن جيزه 4 × جيزه 241 وجيزه 4 × جيزه 444 وجيزه 4 × جيزه 504 وجيزه 444 × جيزه 241 أقلية عالية لتحمل ظروف الملوحة (كلوريد صوديوم : كلوريد كالسيوم بنسبة 3 : 1) (Fahmy *et al.* , 1992) .

وتتميز هجن الذرة الشامية الثلاثية البيضاء جيزه 310 , 320 , 321 والثلاثية الصفراء جيزه 315 , 352 وذهب بمستوى مرضى من التحمل للملوحة (Anonymous , 2007) . وقد أظهر هجين الذرة الشامية الأجنبي Arizona 8601 مستوي عالي من التحمل للملوحة (Shannon and Noble , 1990) . وإنفرد التركيب الوراثي VS-201 بكفاءة عالية في الضبط

الاسموزي مقارنة بالتركيب الوراثي (Picon and Rodriguez SINT-S , 1990) .

الذرة الرفيعة Sorghum

أظهر هجين الذرة الرفيعة حورس تفوقاً في محصول الحبوب والعلف الأخضر بنسبة 18.4 و 5.5% ، على الترتيب تحت ظروف الملوحة مقارنة بالهجين مينا وهما من الهجن التي تستخدم في إنتاج الحبوب والعلف الأخضر (Elafendy et al. , 2004) . كما كانت سلالات الذرة الرفيعة الأبوية ICSA-37 x Dorado ، ICSR-91022 ، ICSA-37 ، ICSA-1 x ICSR-91022 ، ATX-631 x Dorado ، ICSA-37 ، ICSR-91022 x ICSR-91022 ، ICSA-8845 x ICSR-91022 أكثر تحملاً للملوحة مقارنة بالسلالات ICSA-88015 ، ICSA-70 ، ICSA-1 ، ICSA-70 x Dorado ، ICSA-47 x Dorado ، ICSA-1 x Dorado ، ICSA-47 x ICSA-91022 (EL - Menshawi et al. , 2003) . هذا وقد أظهرت الأنواع *S. bicolor* ، *Sorghum halepense* فعالية في إستبعاد أيون الصوديوم ، وكانت هذه الميكانيكية أكثر وضوحاً في النوع الأول ، حيث يعتبر مصدراً وراثياً لمقاومة الملوحة للأصناف التابعة للنوع *S. bicolor* (Yang et al. , 1990) .

الفول البلدي Faba bean

يعتبر الفول البلدي من المحاصيل متوسطة التحمل للملوحة حيث يبلغ الحد الحرج للملوحة 4.56 ديسيمتر / م ، ويحدث نقص بنسبة 50 % في محصول البذور عند 9.51 ديسيمتر / م (Sharma , 1995) .

وتتميز الأصناف نوبارية 1 ، جيزه 3 ، قاهرة 241 والسلالات FLIP 77 /84 , ILB 1814, ILB 1813, L 983 /281/95 بثبات متوسط الأداء لمحصول البذور ، وأنه يمكن التوصية بزراعة الأصناف نوبارية 1 والسلالات ILB 1813 , ILB 1814 , FLIP 77/84 تحت ظروف الأراضي المتأثرة بالملوحة ، في حين يمكن زراعة الأصناف جيزه 3 وقاهرة 241 والسلالة L 983 /281/ 95 تحت ظروف البيئات الملائمة (Darwish *et al.* , 2003) .

الحمص Chickpea

تميزت سلالتا الحمص الهندية BGD – 1070 , BGD – 70 بمستوى جيد لتحمل الملوحة ، في حين كانت السلالتان BGD-72 , BG –1073 أقل نمواً وتكويناً للعقد الجذرية تحت ظروف الملوحة (Singh *et al.* , 2003d). كما أظهرت سلالات الحمص الهندية ، H83 –84, HK 81-69 , CSG 8893 H 85-108 مستوى جيد من التحمل للملوحة (Singh , 2004).

الترمس Lupine

أظهر صنف الترمس المحلي جيزه 1 والفرنسي ديجون – 2 تحملاً عالياً للملوحة مقارنة بباقي الأصناف والسلالات وهي طفرة 7 وطفرة 23 وطفرة 3/37 وجيزه 2 (El – Sayad and EL-Ghobashy, 2003).

الفول السوداني Peanut

يتباين أصناف وسلالات الفول السوداني في تحملها للملوحة ، وقد تفوق الصنف المحلي جيزه 3 والمستوردات Int 341 , Int 276 في تحمل الملوحة

وأعطت أعلى القيم في المحصول والصفات المرتبطة مقارنة بالصنف محلي 404 والسلالة المستوردة Int 342 (Abd El – Aal *et al.*, 2007). وقد أظهرت السلالتان الأجنبيةتان K₃ , TMV₂ تحملاً للملوحة ومتوسط أداء أفضل مقارنة بالسلالتين K 150 , K 134 (Janila *et al.* , 1999).

فول الصويا Soybean

يعتبر فول الصويا من المحاصيل متوسطة التحمل للملوحة ، ويتميز صنف فول الصويا الأجنبي Bragg بالقدرة على تحمل الملوحة ، بينما أظهر الصنف Dowling حساسية للملوحة (Zenoff *et al.* , 1994) . كما تميز صنف فول الصويا الأجنبي S-100 بتحمل الملوحة ، في حين كان الصنف Tokyo أكثر حساسية (Lee *et al.* , 2004 a).

زهرة الشمس Sunflower

تتباين أصناف وهجن زهرة الشمس في تحملها للملوحة وقد أظهر الهجين H 65 مستوى عالي من التحمل للملوحة مقارنة بالهجين H 94 والصنف Vidoc (El – Hawary and Keshta , 1998) . كما كان الصنف PAC 36- أكثر تحملاً للملوحة مقارنة بالأصناف MSFH-8 , APSH –1 (Madhulety and Jyotsna , 2003) .

السهم Sesame

تميزت أصناف السهم الهندية RT-46 , RT- 54 , RT-127 بتحمل الملوحة مقارنة بالصنف الحساس RT-125 (Gehlot and Purohit , 2003) .

القطن Cotton

أشارت التوصيات الزراعية إلى وجود تباين في درجة تحمل أصناف القطن لظروف الملوحة ، فقد أظهر صنف القطن جيزه 83 وجيزه 75 درجة عاليه من التحمل ، وكانت الأصناف جيزه 70 وندرة متوسطة التحمل ، في حين أظهرت الأصناف جيزه 45 وجيزه 77 وجيزه 81 درجة عاليه من الحساسية ، عند زراعتها في أراضي ذات ملوحة 8 ديسيمتر/م ، تروي بمياه تصل ملوحتها إلى 7 ديسيمتر / م (Afiah and Ghoneim , 1999).

وتتميز أصناف القطن المحلية جيزه 83 وجيزه 85 بتحمل الملوحة، حيث سجلت أقل القيم لدليل الحساسية للملوحة لمحصول القطن الزهر والشعر للقدان مقارنة بالأصناف جيزه 45 وجيزه 86 والصنف الروسي Karshenseki-2 (Moustafa , 2006).

وقد تميز صنف القطن السوري رقمه 5 التابع للنوع *G. hirsutum* بارتفاع محتوي البوتاسيوم والفوسفور والصوديوم وتحمل الملوحة مقارنة بالأصناف حلب 133 ، دير 22 وحلب 90 (Koubaili and Abd El - Aziz , 2005).

وفيما بين أحد عشر صنفاً من القطن ، كان أكثر الأصناف تحملاً للملوحة الصنف Sangam يليه السلالة L J 861 ثم L-389 ، تحت مستوى ملوحة 24 ديسيمتر/ م (Subbaiah et al., 1995).

وتحت مستويات متدرجة من الملوحة 1 ، 4 ، 8 ، 12 ديسيمتر / م وبناء على قيم دليل الحساسية للملوحة ودليل التحمل وتحليل الانحدار كان الصنفان MESR-17 ، JK 125-2-5 أكثر تحملاً للملوحة (Uma et al. , 1995).

وقد أعطي صنف القطن Sarvottam التابع للنوع *G. herbaceum* أقل نقص في النمو ومؤشرات المحصول مع زيادة مستوي الملوحة من 5.1 حتى 14.6 ديسيمتر/م مقارنة بالصنف Laxmi التابع للنوع *G. hirsutum* والصنف 15 G. cot التابع للنوع *G. arboreum* (Uma and Patil, 1996).

الكانولا Canola

أظهرت دراسات التقييم لأصناف وسلالات الكانولا في خمس تجارب تمثل بيئات زراعية مختلفة (الفيوم - الجيزة - إنشاص) إختلاف درجة ثبات وتباين نماذج البروتين بين سلالات وأصناف الكانولا . وأظهر الصنف المحلي سرو 6 والأجنبي Licosmos درجة ثبات عالية تحت ظروف الأراضي المتأثرة بالملوحة بالفيوم ، في حين يستجيب الصنف المحلي باكتول والأجنبي Evita لظروف البيئات الجيدة ، وأظهر الصنف المستورد Star درجة ثبات متوسطة (Azzam et al. , 2006) . وتتميز سلالات الكانولا المنتخبة المباشرة عالية المحصول H 1 ، H 8 ، L 4 ، L 6 ، SL 13 ، SL 18 ، SL 21 ، SL 15A بتحمل الملوحة ، في حين كانت السلالات L 54 ، L 55 ، SL 9B ، H 2 ، L 8 ، L 45 أقل محصولاً تحت ظروف الأراضي المتأثرة بالملوحة في الفيوم (Ghallab and Sharaan , 2002) .

وإنفردت الأصناف الأجنبية Eurol ، Dp 94.8 بالمقاومة العالية للملوحة ، في حين كانت الأصناف Fornax ، Hyola 401 ، Bristol ، Orkan ، Ceres ، Symbol ، Catles, 95102.67 أكثر حساسية للملوحة (Zavareh et al. , 2003) .

قصب السكر Sugar cane

يصنف قصب السكر على أنه من المحاصيل الحساسة والمتحملة للملوحة في نفس الوقت ، ويعتمد ذلك على التركيب الوراثي للأصناف وما تحمله من جينومات *S. sinense* , *S. barberi* , *S. spontaneum*, *S. officinalis* , *S. robustum* .

وتعتبر أصناف قصب السكر CoJ 84 , CH 24 , Co 740 , Coc 671 , CoS 767 , Up – 5 متحملة للملوحة ، في حين كانت الأصناف Co 449 , Co 997 , Co 1148 , CoLk 8001 متوسطة التحمل ، بينما أظهرت الأصناف CoJ 64 , CoLk 7901 , CoLk 8102 حساسية للملوحة (Dwivedi and Srivastava , 2000) .

وتتميز أصناف قصب السكر متوسطة ومتأخرة النضج , CoS 90269 , CoS 88126 , CoS 93278 , CoS 91269 بتحملها العالي للملوحة مقارنة بأصناف المجموعة المبكرة , CoS 8436 , CoS 687 , CoS 95255 , CoS 88230 (Srivastava et al., 2003) .

هذا وقد أظهر الصنف CoM 9516 درجة عالية من التحمل للملوحة يليه الصنف Co 86032 , CoG 93079 وكان الصنف Co 85012 هو الأكثر حساسية للملوحة (Panwar et al. , 2003) .

كما تميزت الأصناف الهندية , Co 1148 , CoS 767 , Bo 91 , Co 453 , Co 997 , Co 62399 , Co 7717 بمستوي عالي من التحمل للملوحة. هذا ويعتبر النوع *Saccharum spontaneum* مصدراً وراثياً هاماً للمقاومة للملوحة (عن: Singh , 2001) .

البرسيم الحجازي Alfalfa

تميزت سلالات البرسيم الحجازي المنتخبة Euver.\$1, CUF 101-T2
AZ-Germ Salt 1 , AZ-Germ Salt 2 بتحمل الملوحة (Flowers and
Yeo 1995) . وقد أشارت دراسات التقييم تحت ظروف الملوحة ، إلى تميز
الصنف المحلى إسماعيلية 94 بتحملة العالى للملوحة يليه إسماعيلية 1 ثم جيزة 1
(Oushy et al., 1999) .

وحسب التحمل لظروف الأراضي الجيرية ، أظهر الصنف سيوه 1
تحملاً عالياً يليه نوبارية 1 ، إسماعيلية 1 ، جيزة 1 ثم الصنف المستورد
WL-605 (Abd EL-Halim et al. , 1998) .

وتحتاج برامج التربية لتحمل الملوحة إلى تعاون علماء الوراثة
والفسيولوجي والكيمياء الحيوية والأراضي مع علماء تربية النبات في تطوير
أصناف مقاومة للملوحة .. ويعتبر التقدم الحاصل في زراعة الأنسجة والهندسة
الوراثية ذو أهمية كبيرة في المساعدة على تحقيق هذا الهدف .

الباب الخامس

السلوك الوراثي لتحمل الملوحة والصفات المرتبطة

في المحاصيل الحقلية

Genetic Behaviour of Salinity Tolerance and Relevant Characters in Field Crops

يعتبر فهم الأساس الوراثي لتحمل الملوحة في المحاصيل الحقلية من الأمور الهامة التي يجب معرفتها قبل البدء في تنفيذ برنامج التربية ، حيث يؤثر السلوك الوراثي وطبيعة الفعل الجيني المتحكم في وراثة التحمل للملوحة على اختيار طريقة التربية المناسبة . وفيما يلي شرح للسلوك الوراثي المتحكم في وراثة تحمل الملوحة والصفات المرتبطة في المحاصيل الحقلية .

القمح Wheat

عند نقل عوامل المقاومة للملوحة من النوع *Agropyron elongatum* المقاوم إلى صنف قمح الخبز Chinese Spring عن طريق التهجين ، أظهر التحليل الوراثي للأنسال الناتجة أن تأثيرات مقاومة الملوحة للنوع *A.elongatum* على صنف قمح الخبز Chinese Spring محكومة بعوامل وراثية متفاعلة Interacting factors على مختلف الكروموسومات (Dvorak *et al.*, 1988).

وقد ظهر أهمية كل من التأثيرات الجينية المضيئة وغير المضيئة في وراثة النسبة المئوية للإنبات وعدد الجذور الجنينية وطول غمد الريشة ، مع سيادة المكون الوراثي المضيئ في وراثة طول غمد الريشة والمكون الوراثي

غير المضئيف في تعبير وراثية النسبة المئوية للإنبات وطول غمد الريشة في آباء وهجن الجيل الأول من القمح (Islam et al. , 1999) ، ويحكم وراثية طول غمد الريشة جينات ذات تأثير كبير وصغير Major and minor genes (Chowdhry and Allan , 1963) .

ويحكم محتوى الورقة من البوتاسيوم والصوديوم ونسبة البوتاسيوم : الصوديوم جينات تقع على الذراع الطويل للكروموسوم 4 D (Gorham and Jones , 1990) . وقد خضعت وراثية محتوى عصير الورقة من البوتاسيوم K^{+} والصوديوم Na^{+} والكلوريد Cl^{-} والمحصول ومكوناته لجينات معروفة تحت نظام التحكم الوراثي ، وبلغت تقديرات معامل التوريث في المعني الخاص 70 و 95% للمحتوى الأيوني و 75 و 86% لوزن حبوب النبات في الجيلين الثاني والثالث ، على الترتيب وأنه يمكن الحصول على سلالات متحملة للملوحة عالية المحصول بطرق التربية التقليدية وإختبار النسل (Ahsan et al. , 1996) .

ولقد لعب الفعل الجيني السيادي دوراً في وراثية محتوى البرولين في أوراق عشائر خمسة هجن في الجيل الثالث ، وتراوحت تقديرات معامل التوريث في المعني العام من 53.1 إلى 64.4% وفي المعني الخاص من 28.8 إلى 46.4% ، في إشارة إلى تعقيد وراثية الصفة (Hassan , 2002) .

وبالتحليل الوراثي للمحصول ومكوناته من خلال تهجين 10 أصناف من قمح الخبز متباينة في تحملها للملوحة وتقييم الآباء والجيل الأول والثاني في تربة عادية ($Ece = 1.04$ ديسيمتر/م) وحقل أرض ملحية ($Ece = 6.4$ ديسيمتر/م) ، وجد Dhayal ومساعدوه (2003) أن الموديل الوراثي المضئيف - السيادي هو الملائم لتفسير وراثية صفات التبرير ، إرتفاع النبات ،

عدد سنابل النبات ، وزن حبوب السنبل ، وزن الألف حبة ومحصول حبوب النبات . وقد اختلف تأثير الفعل الجيني من ظروف الإجهاد إلى الظروف الطبيعية بفعل تأثير الظروف البيئية والتفاعل بين التركيب الوراثي \times البيئة وحجب الاختلافات الوراثية تحت ظروف الإجهاد . وكانت تأثيرات الفعل الجيني المضيف والسيادي معنوية ، إلا أن تقديرات الفعل الجيني السيادي كانت أعلى من الفعل الجيني المضيف لجميع الصفات عدا التبكير في النضج ، في إشارة إلى أهمية السيادة الفائقة في وراثة تلك الصفات . وكانت تقديرات معامل التوريث في المعنى الخاص مرتفعة لصفات التبكير وإرتفاع النبات ووزن الألف حبة تحت ظروف الأجيال والبيئات ، ومتوسطة لعدد سنابل النبات ومحصول الحبوب تحت الظروف العادية والملوحة ، في الجيلين الأول والثاني .

الشعير Barley

لعب الفعل الجيني السيادي الدور الرئيسي في وراثة طول الريشة في آباء وهجن الجيل الأول ، ويحكم وراثة طول الريشة جينات ذات سيادة فائقة بمعامل توريث مرتفع نسبياً في المعنى العام والخاص ، وذلك بعد 10 أيام من التحضين في محلول كلوريد الصوديوم 250 mM عند مرحلة الإنبات (Mano and Takeda , 1997a and b) .

وبتقدير معامل التوريث في المعنى العام لمحصول الحبوب للهكتار تحت مستويين للملوحة أحدهما منخفض (EC للتربة = 7.84 و EC لمياه الري = 8.23 ديسيمتر/م) والآخر عالي (EC للتربة = 13.68 و EC لمياه الري = 12.65 ديسيمتر/م) ، إنخفضت تقديرات معامل التوريث مع زيادة إجهاد الملوحة من 80% تحت مستوى الملوحة المنخفض إلى 78% تحت مستوى الملوحة العالي

في سلالات الشعير ذات الستة صفوف ومن 67% تحت مستوى الملوحة المنخفض إلى 61% تحت مستوى الملوحة العالي لسلالات الشعير ذات الصنفين (Afiah et al., 2001) ، في حين حصل Singh (2004) على تقدير منخفض (28%) لمحصول حبوب الشعير تحت ظروف الملوحة.

الأرز Rice

بدراسة السلوك الوراثي للمقاومة للملوحة في الأرز بتقدير نمو الجذور في محلول 80 mM من كلوريد الصوديوم في الجيل الأول والثاني والهجين الرجعية في هجينين ، أوضح Jones and Stenhouse (1984) أهمية التباين الوراثي المضيف في وراثية المقاومة للملوحة في هجين والسيادي في الهجين الثاني ، وظهرت إنعزالات فائقة الحدود في صالح المقاومة . وتراوحت تقديرات معامل التوريث في المعنى العام من 49- 83 % . وأشارت نتائج الجيل الثاني إلى وجود عدد قليل من الجينات تتحكم في مقاومة الملوحة في الهجين المدروسة.

ولقد لعب الفعل الجيني السيادي دوراً رئيسياً في وراثية محتوى البوتاسيوم ، إلا أن تقديرات معامل التوريث في المعنى الخاص كانت أكبر من 50% (Sayed-Ahmed et al. , 1999) ، في حين كان الموديل الوراثي غير البسيط والتفوق من النوع المكمل والمضاعف هو المتحكم في وراثية نسبة الصوديوم : البوتاسيوم والمحصول ومساهماته في ثماني هجن بين ستة أصناف متباينة في تحملها للملوحة (Thirumeni et al. , 2000) . وكانت تأثيرات الفعل الجيني المضيف أكثر أهمية في وراثية القدرة على الضبط الاسموزي ومحتوي الكلوروفيل تحت ظروف الملوحة ، بينما لعب الفعل الجيني غير

المضيف الدور الرئيسي في وراثية القدرة على إمتصاص الصوديوم والبوتاسيوم (Shehata , 2004) .

الذرة الشامية Maize

يتميز نبات الذرة الشامية بتعدد الأشكال المظهرية Polymorphic والاختلافات الوراثية Genetic variability الهائلة نظراً لطبيعة التلقيح الخلطي السائد في هذا المحصول . وقد أشارت الدراسات المبدئية إلى وجود إثنين على الأقل من الجينات الرئيسية المسؤولة عن تحمل الملوحة وأنه توجد علاقة وراثية لتحمل الذرة الشامية لظروف الأراضي الملحية - الصودية (Nordquist et al. , 1992) .

وبالتحليل الوراثي لنباتات الجيل الثاني الناتجة من تهجين آباء متباينة في محتواها من البيتين Betaine ، ظهر أن نقص محتوى البيتين في سلالة الذرة الشامية المرباه داخليا 1506 يرجع إلى جين نووي فردي متتحي (Rhodes and Rich , 1987) .

وعند تقييم 10.000 بادرة من الصنف Akber عند مستوى ملوحة mM 180 كلوريد صوديوم ، أظهرت 18 بادرة قدرة على البقاء حية وتميز نسلها بالتحمل العالي للملوحة . وظهر أهمية كل من الفعل الجيني المضيف وغير المضيف في وراثية تحمل الملوحة عند مرحلة البادرة عمر 10 أيام، وبلغت قيم معامل التوريث في المعني العام 70% والخاص 40% ، على الترتيب (Rao and McNeilly , 1999) . وعند تقييم إستجابة نمو الجذور لبادرات عمر 10 أيام لمائه تركيب وراثي من الذرة الشامية عند تركيزات (صفر ، 60 ، 80 ، 150 mM كلوريد الصوديوم) ، كانت تقديرات معامل

التوريث في المعني العام عالية لطول الجذر المطلق والنسبي ، في إشارة إلى إمكانية تحسين تحمل الذرة الشامية للملوحة من خلال برامج التربية والانتخاب (Khan et al. , 2003) .

الذرة الرفيعة Sorghum

أظهرت الدراسات الوراثية أن المقاومة للملوحة تورث من السلالات الأبوية ومحكومة بعدد من الجينات غير الأليلية ذات السيادة أو السيادة الفائقة. وعند تقييم ستة هجن من الذرة الرفيعة تحت مستوي ملوحة 100 و 150 mM من محلول كلوريد الصوديوم ، ظهرت قوة هجين معنوية مقارنة بمتوسط الآباء نتيجة تفاعل الجينات المضيضة وغير المضيضة ، كما ظهرت قوة هجين مقارنة بالآب الأحسن أعزيت لتأثير جينات السيادة الفائقة (Azhar et al., 1998). وكانت تأثيرات القدرة العامة على الائتلاف سالبة ومعنوية لدليل الحساسية للملوحة لمحصول الحبوب للتراكيب الوراثية الأبوية ، 37 – ICSA – 91022 ، في إشارة إلى تحملها وقدرتها على إنتاج هجن أكثر تحملاً للملوحة ، في حين كانت تأثيرات القدرة الخاصة على الائتلاف سالبة ومعنوية لدليل الحساسية للملوحة لمحصول الحبوب في الهجين ICSA – 1 x ICSR – 91022 . ويدل ذلك على إمكانية استغلال ظاهرة قوة الهجين في إنتاج هجن أكثر تحملاً للملوحة من الذرة الرفيعة (El – Menshawi et al., 2003).

الفول البلدي Faba bean

بتقدير معامل التوريث في المعني العام لبعض الصفات المرتبطة بتحمل الملوحة في الفول البلدي ، كانت قيم معامل التوريث مرتفعة (76%) لصفة عدد

البادرات المتكشفة عمر 21 يوم ، ومتوسطة (35 %) تحت مستوى الملوحة المرتفع ، في حين كانت تقديرات معامل التوريث منخفضة (24 %) لصفة عدد النباتات القادرة على البقاء حتى الحصاد عند مستوى ملوحة التربة المتوسط (من 2.5-3.4 ملليموز/سم) (Darwish et al. , 2003) .

فول الصويا Soybean

أظهرت الدراسات الوراثية أن القدرة على التحكم في إمتصاص أيون الكلوريد محكومة بجين فردي (Abel and Mackenzie , 1964) . وعند التهجين بين أصناف من فول الصويا متباينة في إستبعاد أيون الكلوريد وتقدير المقاومة للملوحة في صورة نكرزة الأوراق Leaf necrosis ومحتوي الكلوريد بالأوراق أشارت نتائج الانعزال إلى وجود جين فردي سائد *Ncl* يتحكم في القدرة على إستبعاد أيون الكلوريد (عن : Singh , 2004). وأظهر التحليل الوراثي لتحمل الملوحة في سلالات 5 : F2 للهجين بين الصنف S-100 المتحمل للملوحة × الصنف Tokyo الحساس للملوحة ، تباين تقديرات معامل التوريث لتحمل الملوحة من 48% تحت ظروف الصوبة إلى 85% تحت الظروف الحقلية (Lee et al. , 2004a) .

القطن Cotton

أظهر التحليل الوراثي لتحمل الملوحة من خلال تقدير النسبة المئوية للإنبات للبذور المعرضة لمحلول 1 % كلوريد الصوديوم ، أهمية كل من الفعل الجيني المضيف وغير المضيف في وراثة التحمل وكانت تقديرات معامل

التوريث في المعني العام عاليه وفي المعني الخاص متوسطة (YingXin and Xiang Ming , 1998) .

ويعتبر الموديل الوراثي البسيط هو الملائم لتفسير وراثه كل من محتوى البوتاسيوم والصوديوم والماغنسيوم والبرولين ، ولعب الفعل الجيني المضيف دور رئيسي في وراثه تلك الصفات في معظم الهجن المدروسة . وحصل سالم وآخرون (2006) على تقديرات مرتفعة ($< 50\%$) لمعامل التوريث في المعني الخاص لمحتوي البوتاسيوم والماغنسيوم ، وتقديرات تراوحت من منخفضة 5.93 إلى متوسطة 48.8 لمحتوي الصوديوم والبرولين .

الكانولا Canola

بالتحليل الوراثي لدياليل الكانولا (8×8) للصفات المرتبطة بتحمل الملوحة ، عُرِضَت الآباء وهجنها إلى مستويات متزايدة من كلوريد الصوديوم في محلول هوجلاند في مزارع رملية حتى الوصول إلى درجة توصيل كهربائي 12.9 ديسيمتر/م . أظهرت النتائج أهمية كل من الفعل الجيني المضيف وغير المضيف في وراثه صفات الوزن الجاف للمجموع الخضري وطول الجذر ومحتوي المجموع الخضري من الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم ونسبة Ca^{2+} / Na^{+} , K^{+} / Na^{+} ودليل التحمل ودليل تحمل الملوحة . وقد سجلت تقديرات مرتفعة لمعامل التوريث في المعني الخاص ($< 50\%$) لصفات محتوى الكالسيوم والبوتاسيوم والصوديوم ونسبة K^{+} / Na^{+} , Ca^{2+} / Na^{+} ودليل تحمل الملوحة (Rezai and Saeidi , 2005) .

ولقد سجل Marwede وآخرون (2004) تقديرات منخفضة لمعامل التوريث لمضادات الأكسدة تراوحت من 23 - 44 % لمركب α توكفيرول ومن

33 – 50% لمركب γ توكفيرول في الحالات المختلفة ، وأعزى ذلك إلى التفاعل المعنوي بين التركيب الوراثي \times البيئة.

وبدراسة وراثية بعض الصفات المحصولية تحت ظروف الأراضي حديثة الاستصلاح المتأثرة بالإملاح ، سجل شرعان وغلاب (2002) تقديرات لمعامل التوريث بلغت 16.06 ، 43.12 ، 84.73% وقيم تحسين وراثي متوقع بالانتخاب 11.71 ، 12.40 ، 3.71% لصفات محصول بذور الفدان ودليل البذرة ومحتوي البذرة من الزيت ، على الترتيب.

البرسيم الحجازي Alfalfa

لقد أمكن تعيين سبعة جينات في أصناف البرسيم الحجازي ، مسئولة عن إنتاج بروتينات مرتبطة بالمقاومة للملوحة هي *psaB* ، *psbD* ، *rbcS* ، *pCab1* ، *pCab4* ، *rbcL* ، *atpB* (Winicov and Button, 1991). وأشارت نتائج الدراسات الوراثية أن قيمة معامل التوريث للمقاومة للملوحة في صورة النسبة المئوية للإنبات بلغت 50% في البرسيم الحجازي (عن : Singh , 2004).

إستراتيجية التربية لتحمل الملوحة والمحصول

**Breeding Strategy for Salinity Tolerance
and Yield**

يعتبر وضع برامج منظمة لإنتاج أصناف من المحاصيل الحقلية تتميز بتحمل ظروف الملوحة والقدرة المحصولية العالية ، من الإستراتيجيات الهامة لمربي النبات في برامج التربية . وهناك ثلاثة مقاييس هامة ينبغي وضعها في الاعتبار في موضوع تحمل المحاصيل للملوحة هي :

- 1- قدرة صنف المحصول على الحياة تحت ظروف الأراضي الملحية.
 - 2- كمية محصول الصنف حينما يزرع في أرض ملحية.
 - 3- كمية المحصول المتحصل عليه من صنف المحصول كنسبة مئوية من محصوله العادي على أرض عادية غير ملحية.
- ويعتبر المقياس الثالث هو الأكثر قبولاً . ويعتبر صنف المحصول متحملاً للملوحة ويمكن من الناحية الاقتصادية زراعته في الأراضي الملحية إذا أمكن الحصول منه على 50 % من محصوله في الأراضي العادية . فلو فرض أن إنتاجية صنف من الأرز هي 4 طن في أرض عادية ... فهذا الصنف يعتبر من الأصناف التي تتحمل الملوحة إذا أنتج 2 طن في أرض ملحية (< 4 - 8 ملليموز/سم) .

مستويات تحمل المحاصيل للملوحة

Levels of crop tolerance to salinity

يمكن التعبير عن درجة تحمل نباتات المحاصيل للملوحة باستخدام

$$Y_t = 100 - b (EC_e - a) \quad : \quad (Maas, 1990)$$

حيث :

Y_t : النسبة المئوية للمحصول النامي تحت ظروف ملحية بالمقارنة بالمحصول النامي تحت ظروف غير ملحية مع ثبات العوامل الأخرى .

a : المستوي الحرج Threshold level لملوحة التربة والذي عنده لا يتأثر المحصول ويبدأ بعده المحصول في التناقص (جدول 1-15) .

b : النسبة المئوية للنقص في المحصول لكل وحدة زيادة في الملوحة أعلى من قيمة المستوي الحرج (a)

Ec_e : ملوحة مستخلص عجينة التربة المشبعة (ديسيمتر/م) .

جدول (1 - 15) : درجة تحمل بعض المحاصيل للملوحة .

المحصول	الحد الحرج للملوحة (ديسيمتر / م)	درجة تحمل الملوحة ^b
الشعير	محاصيل حبوب ، ألياف وزيت	T
الذرة الشامية	8.0	MS
القطن	1.7	T
الفول السوداني	7.7	MS
الأرز	3.2	S
الراي	3.0	T
الذرة الرفيعة	11.4	MT
فول الصويا	6.8	MT
القمح	5.0	MT
البرسيم الحجازي	6.0	MS
البرسيم الأحمر	حشائش ومحاصيل أعلاف	MS
حشيشة Fescue الطويلة	2.0	MT
حشيشة الأوركارد	1.5	MS
الدحريج	3.9	MS
	1.5	MS
	3.0	MS

b : هذه البيانات يسترشد بها للاستدلال على درجة تحمل المحاصيل المختلفة للملوحة

T = متحمل للملوحة ، MT = متوسط التحمل للملوحة .

S = حساس للملوحة ، MS = متوسط الحساسية للملوحة (عن : Maas, 1990) .

هذا وقد وجدت إختلافات معنوية بين المحاصيل في مقاومتها للملوحة في صورة YS_{50} , YS_{100}

ويعرف YS_{100} ، حد الملوحة الحرج Threshold salinity : بأنه مستوي الملوحة الأقصى والذي عنده لا يحدث نقص في إنتاجية المحصول ويتراوح بين 1 ديسيمتر/م في حالة البقوليات إلى 8 ديسيمتر/م في حالة الشعير والقطن.

بينما يعرف YS_{50} : بأنه مستوي الملوحة والذي عنده يحدث نقص 50% في إنتاجية المحصول ويتراوح من 4 ديسيمتر/م للبقوليات إلى 15 ديسيمتر/م للشعير والقطن (جدول 1 - 16) .

جدول (1 - 16) :الاختلافات في مستوي المقاومة للملوحة للمحاصيل المختلفة

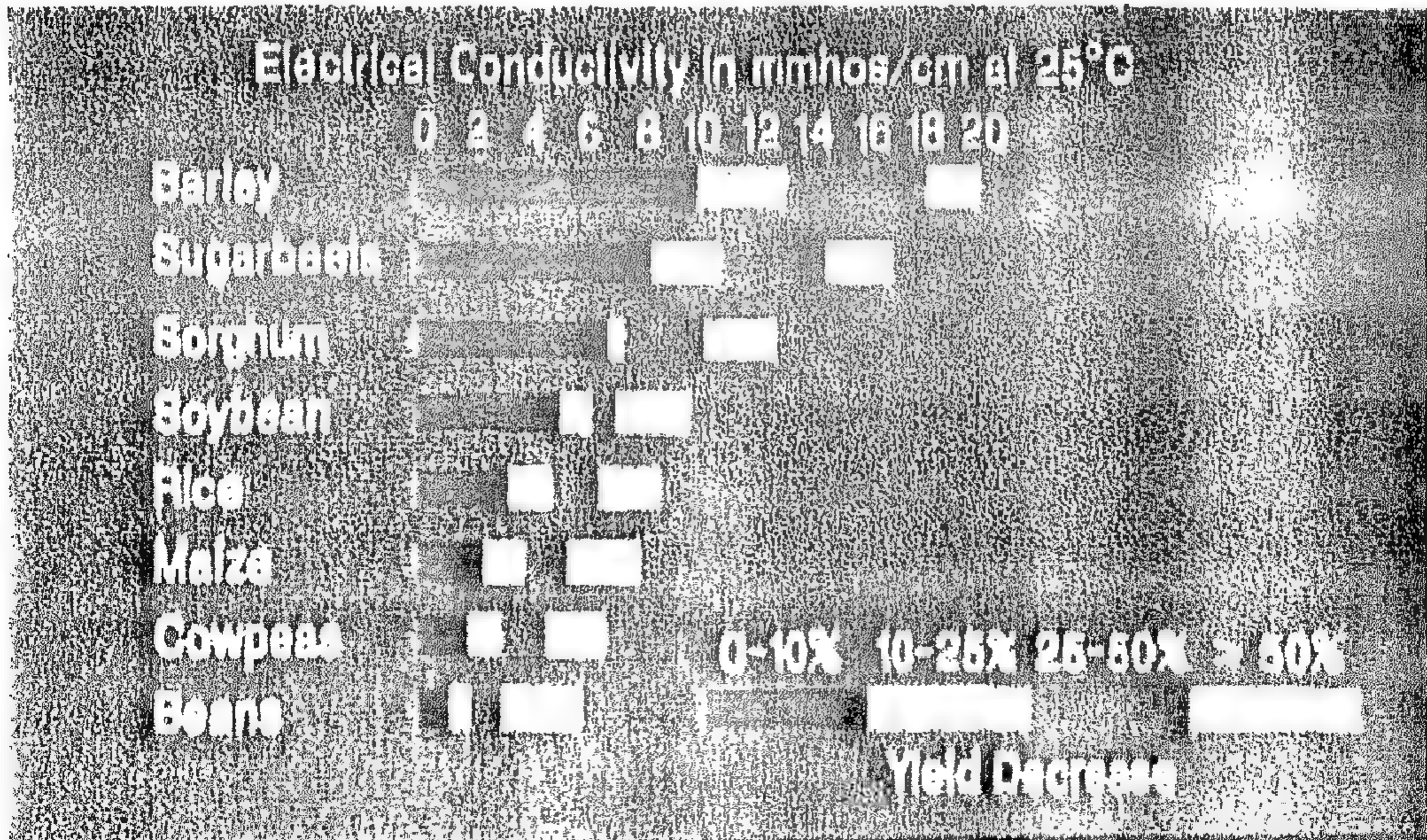
المحصول	حد الملوحة الحرج (YS_{100})*	(YS_{50}) **
البقوليات	1 ديسيمتر/م	4 ديسيمتر / م
البصل	1 ديسيمتر/م	4 ديسيمتر / م
الشعير	8 ديسيمتر / م	15 ديسيمتر / م
القطن	8 ديسيمتر / م	15 ديسيمتر / م
بنجر السكر	8 ديسيمتر / م	15 ديسيمتر / م
القمح	3 ديسيمتر / م	9 ديسيمتر / م

YS_{100}^* : مستوي الملوحة الأقصى والذي عنده لا يوجد نقص في إنتاجية صنف المحصول

YS_{50}^{**} : مستوي الملوحة والذي عنده تنخفض إنتاجية صنف المحصول بنسبة 50%.

علاقة الملوحة بالمحصول Salinity in relation to yield

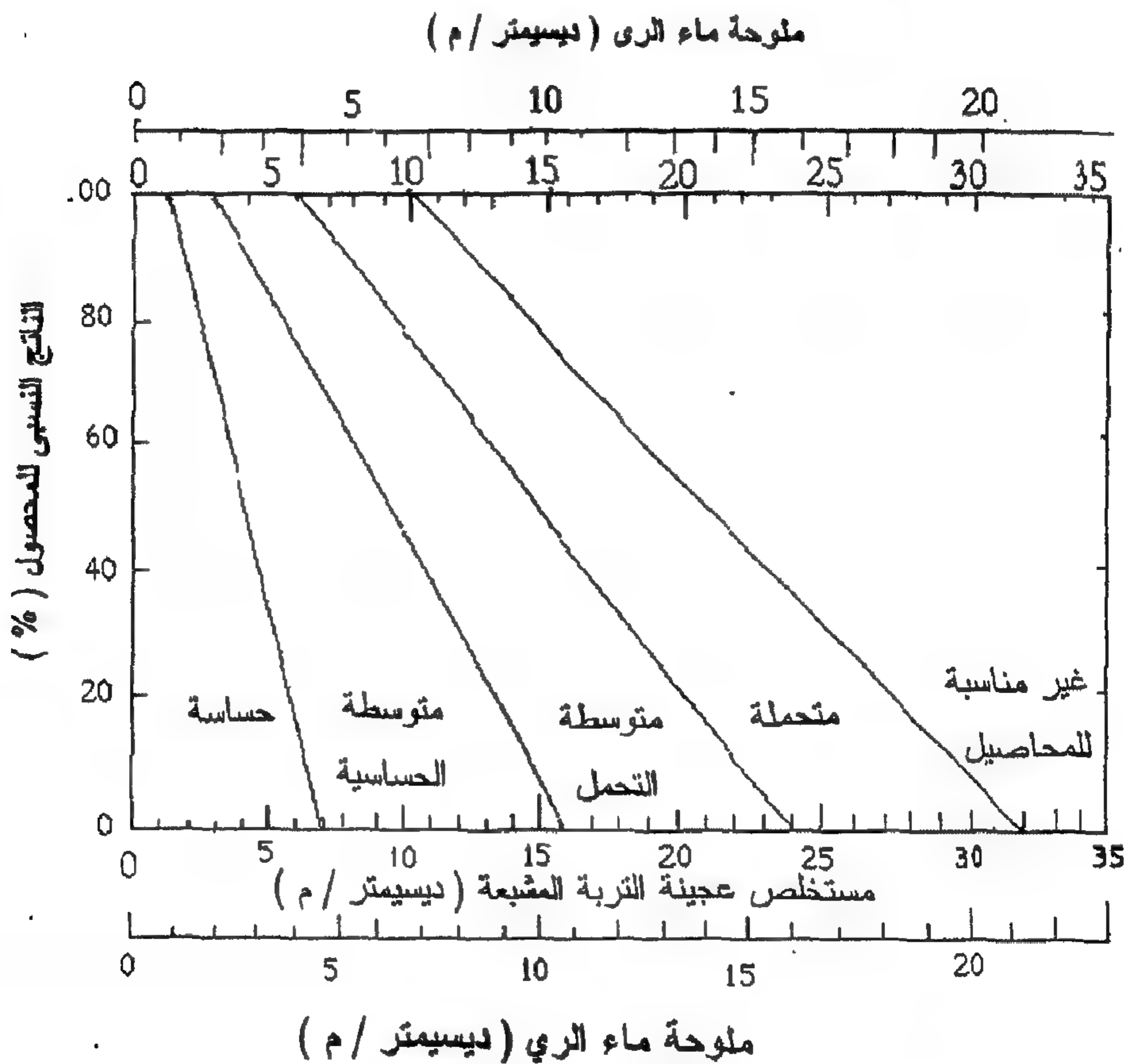
يعتبر متوسط المحصول وتحليل الارتباط والانحدار ومعامل المرور من الدلائل الانتخابية الهامة التي يفضل تقديرها في برامج التربية لتحمل الملوحة. ويعتبر الانتخاب لمتوسط المحصول هو أساساً إنتخاب لأكثر الأصناف إرتفاعاً في كمية المحصول ، أما الانتخاب من خلال تحليل الارتباط والانحدار ومعامل المرور فيعتمد على الأداء الثابت للصنف تحت مدي واسع من البيئات. ويعتبر الوصول إلى المحصول العالي من الاستراتيجيات الهامة في برامج التربية . ولقد تضمنت مجهودات التربية عن طريق الانتخاب والتهجين بين الأصناف المنزرعة والأقارب البرية ، بهدف زيادة الاختلافات الوراثية التي تمكن من الانتخاب وعزل تراكيب وراثية تتحمل ظروف الملوحة . ومما لا شك فيه ، أن للملوحة تأثيرات على كمية المحصول والصفات المرتبطة في الأنواع النباتية المختلفة (شكل 1 - 6) . وتتوقف درجة تأثير الملوحة على نمو النبات على عدة عوامل منها المناخ ، ظروف التربة ، العمليات الزراعية ، إدارة الري ، نوع وصنف المحصول ومرحلة النمو .



شكل (1 - 6) : النقص في إنتاجية المحاصيل الحقلية تحت تأثير ملوحة التربة

فالملوحة عادة لا تؤثر في المحصول إلا عند تجاوز مستوى الملوحة تركيز معين يختلف باختلاف النوع النباتي ، وهذا التركيز المعين هو ما يطلق عليه المستوي الحرج للملوحة . وبوجه عام فإن المحصول الناتج من معظم النباتات يقل بزيادة الملوحة .

وقد قسم **Maas and Hoffman (1977)** نباتات المحاصيل إلى خمسة أقسام تبعا لدرجة تحملها للملوحة على أساس درجة التوصيل الكهربائي لمستخلص عجينة الأرض المشبعة (شكل 1 - 7) .



شكل (1-7) : أقسام تحمل نباتات المحاصيل لملوحة ماء الري وملوحة التربة وعلاقة ذلك بالناتج النسبي للمحصول (عن: Maas and Hoffman, 1977).

وقد أشارت الدراسات التجريبية ، أنه عند تقييم أداء ستة أصناف من القمح تحت مستويات ملوحة 4 ، 6 ، 9 ، 12 ديسيمتر/ م (جدول 1 - 17) وجد (Chopra and Chopra (1997) أن متوسط قيم مكونات المحصول قد إنخفض معنوياً في جميع الأصناف بزيادة مستويات ملوحة ماء الري وبلغ متوسط الإنخفاض في المحصول 46.2% عند مستوي الملوحة المرتفع مقارنة بالكنترول . وقد أعطي الصنفان HD 2189 , Kharchia 65 أعلى محصول ، بينما أنتج الصنف WD 416 أقل كمية محصول . وكان الانخفاض في المحصول عند مستوي 12 ديسيمتر/ م أقل ما يمكن في الصنف Kharchia 65 ، بينما كان أعلى إنخفاض في الصنف WD 416 .

جدول (1 - 17) : تأثير ملوحة ماء الري على المحصول ومساهماته لبعض أصناف القمح

المعاملة	ارتفاع النبات (سم)	عدد سنابل / المتر الطولي	طول السنبل (سم)	وزن 100 حبة (جم)	محصول الحبوب (q / ha)
درجة التوصيل Ec					
4.0	61.7	82.1	6.3	4.63	23.68
6.0	55.3	66.8	6.1	4.26	19.12
9.0	49.9	52.1	5.3	4.22	13.19
12.0	48.3	45.4	5.5	3.62	12.74
LSD 0.05	7.3	17.0	0.48	0.76	3.41
الأصناف					
HD 2189	65.7	74.8	6.2	3.78	22.05
WH 157	56.5	47.6	6.4	4.90	18.34
WH 147	47.5	57.2	5.0	4.22	13.56
WH 283	42.7	52.1	5.4	3.90	11.81
Kharchia 65	71.1	85.6	6.2	4.05	22.10
L.S.D. 0.05	5.4	13.1	0.61	0.46	3.10

(عن : Chopra and Chopra , 1997) .

وأظهرت معادلة الانحدار الخطي تميز الصنفان HD , Kharchia 65 بأقل إنحدار وأقل إنخفاض في المحصول لكل زيادة وحدة واحدة من الملوحة وكذلك عند أعلى درجة لملوحة ماء الري (EC_{iw}) تسبب نقص 50% في المحصول (جدول 1- 18) . ويتفق ذلك مع نتائج Maas and Hoffman(1977) التي أشارت إلى أن الصنف الذي يُظهر أقل إنحدار وكذلك أعلى قيم (EC_{iw}) التي تسبب نقص 50% في المحصول يعتبر صنفاً مقاوماً للملوحة .

جدول (1 - 18) : المحصول الأقصى وقيم الحد الحرج ونقص 50 % للمحصول في بعض أصناف القمح تحت مستويات الملوحة المختلفة .

الصنف	Y_m EC_{iw}	Slop	50% yield decline EC_{iw}	Regression-equation	R^2
HD 2189	29.0	0.051	11.24	-1.50x33.72	0.96
WH 157	26.8	0.064	9.20	-1.72x31.67	0.94
WH 147	20.0	0.062	9.20	-1.26x23.33	0.85
WH 283	20.4	0.062	9.84	-1.28x25.21	0.92
WH 416	16.9	0.073	8.66	-1.24x21.48	0.98
Kharchia 65	28.7	0.048	11.85	-1.39x32.97	0.93

Y_m : المحصول عند أفضل رطوبة ميسرة .

Slop : معدل النقص في المحصول لكل وحدة زيادة في الملوحة عن الحد الحرج.
(عن : Chopra and Chopra , 1997) .

وتتباين سلالات القمح في إستجابتها للملوحة ، ويعكس تجزئة مكونات التباين المظهري للسلالات أن حوالي 60 % من الاختلاف في محصول الحبوب والمحصول البيولوجي ودليل الحصاد يرجع إلى مستويات الملوحة والسلالات. كما يعكس التفاعل المعنوي بين السلالات والملوحة وجود إختلافات

وراثية بين السلالات ، ويمثل هذا التفاعل 20% في حالة المحصول البيولوجي ومحصول الحبوب و 40% لدليل الحصاد . وتشير نتائج الدراسة أيضا إلى أن محصول الحبوب العالي تحت ظروف الإجهاد الملحي يعتبر معياراً إنتخابياً أفضل من المحصول البيولوجي أو دليل الحصاد أو دليل الحساسية للإجهاد (Jafari-Shabestari *et al.*, 1995) .

هذا وقد وجد أن التحمل يرتبط مع زيادة محصول حبوب السنبللة (Singh and Rana , 1985) ، وأن النقص في عدد الأفرع المنتجة هو أكثر المكونات المسببة لنقص المحصول تحت ظروف الملوحة ، (Maas *et al.* , 1996).

وقد دلت نتائج الدراسات على أن محصول سنبللة الساق الرئيسي في القمح يبدو أقل تأثراً بالملوحة في الأصناف المتحملة مثل الصنف Anza والذي تفوق محصوله بحوالي 10% عن الصنف Yecora Roja مع زيادة مستوى الملوحة من - 0.05 Mpa إلى - 0.65 Mpa وبمقدار الضعف عند مستوى الملوحة العالي - 0.85 Mpa . وعلى الجانب الآخر ، تتأثر سعة التفريع وعدد الأشطاء المنتجة بالملوحة . لذا فإن زيادة كثافة نباتات القمح ربما يلعب دوراً هاماً في تعويض إنتاجية محصول الحبوب تحت ظروف الملوحة (Grieve *et al.*, 1992) .

وقد أكدت دراسات الارتباط ومعامل المرور ، على أهمية صفات عدد سنابل النبات ووزن القش ووزن حبوب سنبللة الساق الرئيسي في تباين محصول حبوب القمح بحيث يمكن إستخدامها في الانتخاب للمحصول العالي تحت ظروف الأراضي المتأثرة بالملوحة (Ahmad *et al.*, 2006) .

وقد لوحظ في البقوليات مثل الفول البلدي ، نقص معنوي في صفات النسبة المئوية للتكشف ونسبة النباتات القادرة على البقاء حتى الحصاد ومحصول بذور القطعة مع زيادة متوسط ملوحة التربة من 1.95 ، 2.95 إلى 4 هاليموز / سم ، حيث سجل درويش وآخرون (2003) تناقص في محصول البذرة بلغ 50% عند المستوي المتوسط و 70% عند المستوي العالي وظهر عظم تأثير الملوحة على أداء الصفات المختلفة عن تأثير التراكيب الوراثية أو تفاعلها مع مستويات الملوحة . وقد سلكت الأصناف المدروسة سلوكاً متبايناً في المواسم أو المواقع وتحت مستويات الملوحة المختلفة . ويشير ذلك إلى أهمية توسعة القاعدة الوراثية للأصناف الممكن التوصية بزراعتها في بيئات مختلفة باستنباط الأصناف التركيبية التي تؤمن الإنتاجية من خلال التأثير التنظيمي Buffering effect تحت تأثيرات الملوحة وظروف البيئة المعاكسة، مع الأخذ في الاعتبار ضرورة تحسين البيئة الملحية عن طريق بعض المعاملات الزراعية التي يمكن أن تخفف من التأثيرات الضارة للملوحة على النبات .

وتؤثر الملوحة على صفات النمو وتكوين العقد الجذرية وتثبيت النيتروجين في الحمص ، حيث صاحب زيادة مستويات الملوحة من صفر ، 50 ، 75 إلى 100 mM كلوريد صوديوم ، حدوث نقص معنوي في صفات وزن الجذور والسوق والنبات الفردي والتأثير على تكوين العقد الجذرية وتثبيت النيتروجين في الأصناف الحساسة (Singh et al. , 2003c) .

وفي القطن لوحظ حدوث نقص معنوي في محصول القطن الشعر والزهر للفدان وصفات عدد الأفرع الثمرية وعدد اللوز على النبات ووزن اللوزة ودليل البذرة والنسبة المئوية للزيت مع زيادة مستويات الملوحة من

2000 ، 4000 ، 6000 إلى 8000 جزء في المليون تحت ظروف رأس سدر .
وقد بلغت نسبة النقص في محصول القطن الزهر للفدان في بعض الحالات أكثر
من 50% (Moustafa, 2006) . في حين لاحظ Afifi وآخرون (1995)
حدوث تحسن في محصول القطن الزهر للفدان مع زيادة مستوى الملوحة.
وتحت ظروف الهند ، بلغت نسبة الفاقد في الإنتاج الكلي ومحتوى
السكر في قصب السكر نتيجة تأثير الملوحة حوالي 10-20% وفاقد
المحصول بحوالي 20-30% (Dwivedi , 1995).

جهود التربية لتحمل الملوحة

Breeding Efforts for Salinity Tolerance

تمثل الملوحة واحدة من المشاكل السائدة في الزراعات المروية . ويعتبر التحسين الوراثي لتحمل المحاصيل الرئيسية للملوحة هدف جوهري في برامج التربية .

وتتطلب عملية إكتشاف التراكيب الوراثية المقاومة للملوحة إجراء عملية غربلة لجبرمبلازم المحصول بتعريض عدد كبير من السلالات للملوحة واختيار الأفضل في متوسط السلوك . وعند تعيين التركيب الوراثي أو النبات المتحمل للملوحة ، فإن الخطوة التالية هي تحسين صفاته المحصولية بإتباع طرق التربية المناسبة.

وعموماً ، يعتمد أي برنامج تربية على وجود إختلافات وراثية Genetic variability تسمح بتنفيذ برنامج تربية على أساس سليم وأيضاً على تحديد المعايير الانتخابية المرتبطة بتحمل الملوحة من خلال تعيين درجة الارتباط بين تحمل الملوحة والصفات المرتبطة سواء المورفوفسيولوجية و الكيموحيوية والمحصولية .

الاستيراد وبنوك الجينات Introduction and gene banks

يعتبر إستغلال المصادر الوراثية وعمل بنوك الجينات ذو أهمية في المحافظة على المواد الوراثية ، حيث يقوم العاملون في بنوك الجينات بعمل حصر وتوصيف وتعريف المواد الوراثية وتحديد المنشأ وأخذ بصمة دنا .

وتحت الظروف المصرية ، تمكن العاملون ببنك الجينات القومي بالجيزة منذ عام 2004 من تجميع 12.000 عينة من المحاصيل الحقلية والبستانية المتحملة للملوحة والجفاف لتعظيم الاستفادة من الموارد الوراثية المتاحة لتلبية إحتياجات مربى النبات . كما أمكن جلب عديد من المحاصيل المتحملة للملوحة وزراعتها تحت الظروف المصرية منها الكانولا والجوجوبا والجوايال والكوخيا.

الانتخاب Selection

تمثل العشائر النباتية المنزرعة تحت ظروف الملوحة مستودع جيني يسمح بإجراء عملية الانتخاب الطبيعي أو الصناعي في عديد من الأنواع النباتية لعزل تراكيب وراثية متحملة على أساس التباين الوراثي المضيف . وتعتبر عملية إنتخاب النباتات الحاملة للصفات المرغوبة سواء التركيبية والفسولوجية أو الكيموحيوية المسئولة عن تحمل الملوحة مع ثبات المحصول وإنخفاض دليل الحساسية للملوحة من المقاييس المستخدمة في دراسة متوسط سلوك التراكيب الوراثية وتصنيفها إلى متحملة أو حساسة للملوحة .

وقد تمكن Epstein وآخرون (1980) بعد دوره واحدة من الانتخاب في مستوي من الملوحة يعادل 50 % من ملوحة ماء البحر ، عزل سلالات من القمح تميزت بأداء ومتوسط سلوك أفضل مقارنة بأكثر أصناف القمح الهندية تحملاً (Kharchia) ، وأنه يمكن تحقيق تحسين في تحمل القمح للملوحة بإجراء الانتخاب لعدد من الأجيال.

كما ساهم الانتخاب الإجمالي في البرسيم الحجازي على مدي خمس دورات في تحسين تحمل الملوحة في السلالات الناتجة (Allen et al.,1985).

وقد أمكن بالانتخاب إنتاج بعض أصناف الأرز المتحملة لتصلح للزراعة في الأراضي ذات مستوى الملوحة المرتفع.

وفي الكانولا أمكن إنتاج 11 سلالة محسنة المحصول ، تسع منها تعتبر متحملة للملوحة ومناسبة للزراعة في الأراضي حديثة الاستصلاح والمتأثرة بالملوحة ، اعتماداً على المؤشرات الوراثية ومعامل التوريث ومقدار التحسين الوراثي المتوقع (Ghallab and Sharaan , 2002) .

ولقد أسهم الانتخاب ، في إنتاج عديد من أصناف محاصيل القمح والشعير والأرز والقطن والكانولا والبرسيم المتحملة للملوحة ، مع المحصول العالي في عديد من مناطق العالم.

التهجين Hybridization

يعتبر إختيار الآباء الداخلة في برامج التهجين عالية القدرة المحصولية المتحملة للملوحة ، جيدة التآلف ، مفيداً في إعطاء الفرصة لزيادة التأثير المضيف للجينات خلال الأجيال وظهور سلالات متميزة أثناء مراحل برنامج التربية.

ويفيد تقدير معامل التوريث والقدرة على الائتلاف لمختلف الصفات في فهم طبيعة وراثية الخصائص المرتبطة بتحمل الملوحة ، وتساعد معلمات دنا في تعيين الجينات المتحكمة في الصفات المرتبطة بالتحمل والإسراع من برنامج التربية.

ويفيد التهجين في نقل جينات المدخلات الأجنبية إلى الأصناف الحساسة. وتوجد عديد من الأمثلة في هذا المجال في محاصيل الحبوب والبقول والزيت. فقد حقق التهجين بين الآباء المتبوع با لإنتخاب والتهجين الرجعي نجاح واسع

في مجال التربية لمقاومة الأمراض والحشرات والتي يحكمها جينات فردية ، إلا أنه في حالة الملوحة فإن الأمر مختلف فالمقاومة للملوحة ليست صفة بسيطة ، فالاتجاه البديل هو محاولة إدخال صفات معينة مرتبطة بالمقاومة للملوحة مثل الصفات الفسيولوجية والمحكومة بعدد Number وليس بعدد Many من الجينات خاصة إذا ما توفرت هذه الصفة بين التراكيب الوراثية للمحصول نفسه. وبالانتخاب المنسب في عشائر الجيل الثاني لـ 19 هجين بين آباء متباينة في تحملها للملوحة من قمح الخبز ، تمكن عافية ودرويش (2003) من انتخاب 26 سلالة من الجيل الخامس ، كان أكثرها تفوقاً في تجارب مقارنة المحصول وتحمل الملوحة ، السلالات سيوة 1 ، 18 و 25 ، تحت ظروف واحة سيوة.

وقد أمكن تحت الظروف المصرية ، إستنباط أصناف القمح مميزة 7 ، مميزة 9 ، مميزة 10 ، سدس 1 ، سخا 8 وسخا 93 المتحملة للملوحة . وكذلك أصناف الأرز جيزة 159 ، جيزة 178 ، سخا 101 ، سخا 104 وهجين مصرى 1 المتحملة ومتوسطة التحمل للملوحة .

الانتخاب المتكرر Recurrent selection

يعتمد أي برنامج على وجود اختلافات وراثية Genetic variability يمكن إستغلالها بالانتخاب المتكرر حيث تنتخب النباتات المقاومة للملوحة من عشيرة متباينة وراثياً وتلقح ذاتياً ثم تجري جميع الهجن الممكنة بين هذه الأنسال وتجمع البذرة ويزرع النسل لمدة جيل آخر على الأقل يسمح بتكوين توليفات وراثية ، وتكرر دورات الانتخاب حتي الوصول إلى مستوي مناسب من المقاومة . وتؤدي هذه الطريقة إلى تحسين مقاومة أي محصول للملوحة .

وعندما تكون الاختلافات الوراثية الموجودة داخل النوع محدودة ، فإن الأمر يتطلب البحث عن مصادر للمقاومة في الأقارب البرية والأنواع المستأنسة وأحياناً يتطلب الأمر إستحداث طفرات أو إتباع تقنية زراعة الأنسجة .
ولقد أدى الانتخاب المتكرر في برامج تربية الذرة الرفيعة إلى عزل تراكيب وراثية متحملة للملوحة (Azhar and Khan , 1997) .

الطفرات Mutations

تعتبر الطفرات وسيلة هامة لاستحداث تصنيفات وراثية ذات قيمة في برامج التربية لتحسين الصفات المرتبطة بتحمل الملوحة والمحكومة بجينات فردية أو التي تتغير بطفرة فردية مقارنة بالصفات الكمية .
فقد أمكن بمحطة بحوث الجميزة - مصر ، بإستخدام أشعة جاما والصوديوم آزيد NaN_3 ، الحصول على خمس سلالات طفورية مبشرة من الفول البلدي متحملة للملوحة هي السلالة N.N.S-6 من الصنف جيزة 2 والسلالات D-5, Long P-7, Long P-5 من الصنف جيزة 3 محسن والسلالة S.S-17 من الصنف جيزة 716 . علاوة على ذلك ، أمكن إنتخاب ثلاث طفرات مبشرة عالية المحصول تحت ظروف التربة الملحية والعادية هي السلالة L.S-1 من الصنف جيزة 2 والسلالتين S.S-15 و L.F.P-6 من الصنف جيزة 714 وحددت السلالة Long P-7 كأفضل سلالة مبشرة تحت الظروف الملحية والعادية (Soliman et al. , 2003).

الاتجاهات الحديثة في التربية لتحمل الملوحة

Recent approaches in breeding for salinity tolerance

تعتبر الهندسة الوراثية من الاتجاهات الحديثة في منظومة البحث العلمي المتقدم كتقنية سريعة ودقيقة لإنتاج نباتات وسلالات تتحمل إجهادات البيئة غير الحيوية . ولما كانت ظاهرة تحمل ظروف البيئة القاسية تبدو معقدة يحكمها التعبير المتزامن لعدد من الجينات فيفيد استخدام تحليلات الايزوزيم ومعلومات دنا في التعرف على وتشخيص التراكيب الوراثية وتعيين الجينات والمساعدة في عملية الانتخاب للإنسال الحاملة للجينات المرغوبة في الأجيال الانعزالية.

أولاً : الواسمات الجزيئية ومعلومات دنا

Molecular and DNA-markers

أ- استخدام تقنية SDS – PAGE

يفيد استخدام تقنية (SDS-PAGE) Sodium dodecylsulfate polyacrylamide gel electrophoresis للبروتينات الذائبة المستخلصة في إستنباط معلومات وراثية وكيموحيوية تساعد في دراسة الخلفية الوراثية وعمل بصمة للبروتين وتمييز السلالات المقاومة عن السلالات الحساسة للملوحة. وبإدئ ذي بدء ، تشير الدراسات المتقدمة إلى تميز النباتات الملحية سواء المفرزة للملح أو العصارية بدرجة عالية من النشاط الانزيمي ووجود حزم معينة مميزة تعتبر دلائل وراثية خاصة بمقاومة الملوحة ، في حين تغيب في الأنواع غير الملحية .

ولما كان تحسين تحمل الملوحة في الأرز بالوسائل الوراثية يعتبر هدف هام ، إلا أن ما تحقق من إنجاز في ضوء التقدّمات الزراعية الحديثة يعتبر

محدوداً . ولما كانت التغيرات في تعبير البروتين / الجين Protein/gene يصاحبها تغيراً في تحمل الملوحة ولتأكيد هذا المفهوم قام **Djanaguiraman وآخرون (2003)** بتوظيف تقنية SDS-PAGE في تبيان الفروق في مقاومة الملوحة بين خمس سلالات من الأرز هي ، IR 20 , ADT 38 , ADT 39 , White Ponni, TRY₁ عند إجهاد ملحي 200 mM كلوريد صوديوم والكنترول . حيث أظهرت النتائج وجود إختلافات بين السلالات في مقاطع البروتين عند المراحل المختلفة من النمو (الشتل ، التفريع ونشوء الداليات) بين معاملة الإجهاد والكنترول ، وأمكن استكشاف حزمة بروتينية جديدة عند الوزن الجزيئي 16 و 15 كيلو دالتون ، كما لوحظ حدوث زيادة في حث تعبير البروتينات عند وزن جزيئي 70 كيلو دالتون في النباتات المعرضة للإجهاد مقارنة بالكنترول أطلق على هذا البروتينات " Osmotin " وهي بروتينات مسئولة عن الضبط الاسموزي في السلالات المتحملة للملوحة والتي إزداد فيها نشاط إنزيمات الـ Superoxide ، Peroxidase ، Catalase ، dismutase .

وبناءً على المقاطع الواضحة متعددة المظاهر Clear-cut ploymorphism التي ظهرت في نظام الحزم بين التراكيب المتحملة والحساسة صُنفت السلالات IR 20 , ADT 39 , TRY₁ على أنها متحملة ، في حين أعتبرت السلالات ADT 38 , White Ponni حساسة للملوحة . وقد أظهر تحليل مقاطع البروتين بتقنية SDS - PAGE لجذور صنف الحمص 96-99 H تحت مستويات ملوحة صفر ، 2.5 ، 5 ، 10 ديسيمتر / م في تجارب الأصص ، ظهور بروتينات متخصصة وغياب بروتينات أخرى تحت ظروف إجهاد الملوحة ، بينما ظهر إتجاه عكسي في نظام حزم البروتين

بعد الري وإستعادة النمو ، ولقد لاحظ Kukreja وآخرون (2003) أنه مع زيادة الإجهاد الملحي زاد مستوى Malondialdehyde (MDA) والذي يعتبر مقياس لأكسدة الليبيد وإنتاج فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 والذي يؤدي إلى فقد سلامة الأغشية الخلوية . ولم تستطيع إنزيمات أنظمة الدفاع لمضادات الأكسدة أن تتغلب على تراكم فوق الأوكسيد .

ولقد أفادت هذه التقنية في دراسات تحمل الملوحة في آباء وهجن الذرة الرفيعة ، حيث غابت أربعة حزم بروتينية ذات الأوزان الجزيئية 72.64 ، 59.59 ، 46.37 ، 22.75 كيلو دالتون تحت ظروف الملوحة في معظم الهجن والتي أعتبرت علامات سلبية ، في حين ظهرت حزمة بروتينية واحدة ذات وزن جزيئي 37.19 كيلو دالتون تحت ظروف الملوحة ، أعتبرت علامة موجبة . وقد أظهرت الآباء المتحملة ICSR - 91022 , ICSA-37 وأربعة هجن متحملة نفس توزيع الحزم البروتينية تقريباً تحت كل من معاملة الملوحة والمقارنة ، حيث كانت هذه التراكيب الوراثية أقل معاناة تحت ظروف الملوحة واستطاعت تخزين بروتينات أقرب إلى الطبيعية في حيويتها . حيث أوصت دراسة المنشاوى وآخرون (2003) بأهمية استخدام هذه الآباء في برامج تربية الذرة الرفيعة لتحمل الملوحة .

وفي دراسة مقدمة لأحمد والمنشاوى (2006) أظهرت نماذج التفريد الكهربى للبروتينات الذائبة ، تميز تراكيب الذرة الرفيعة المتحملة للملوحة بتسع حزم بروتينية غابت في التراكيب الوراثية الحساسة .

ب- معلمات دنا DNA - Markers

ب.1- تقنية RAPD – PCR

استخدمت تقنية الـ RAPD في التعرف على التباينات الجسدية الناتجة من صنف الأرز Pokkali المتحمل للملوحة ، حيث لوحظت إختلافات جوهريّة على المستوى الوراثي بين السلالات الناتجة ، كما أفادت تقنية الـ PCR في تمييز الإشكال المتعددة من خلال حزم دنا التي أمكن رؤيتها بنواتج الـ PCR المكبرة ، وساعد ذلك في عزل سلالات متحملة للملوحة من التباينات الجسدية الناتجة (Elanchezian and Mandal , 2003) .

كما ساعدت تقنية النسخ العكسي RT – PCR في التعرف على بروتينات نووية في أصناف الأرز المتحملة للملوحة (Mukherjee et al., 2003) .

ولقد أعطي تحليل الـ RAPD مقاطع (شظايا) فريدة من دنا ظهرت في سلالات قصب السكر المتحملة للملوحة كانت ذات تتابع مماثل للجينات المسؤولة عن تحمل الإجهاد مقارنة بالسلالات الحساسة للملوحة (Prammanee , 2004) .

ب.2- معلمات الصفة الكمية QTLs

أفادت تقنية معلمات الصفة الكمية QTLs في التعرف على المواقع الوراثية المسؤولة عن تحمل الملوحة في بادرات سلالات الشعير النثا أحادية للهيبن Steptoe / Morex على الكروموسومات (4 H) 4 ، (6 H) 6 ، (5 H) 7 وكذا في سلالات الهيبن Harrington / TR 306 على الكروموسومات (1 H) 5 ، (5 H) 7 . وكان أكثر المواقع فاعلية الموقع (5 H) 7 ، وأظهر التحليل الوراثي للكروموسوم (5 H) 7 وجود ارتباط

وراثي بين تحمل الملوحة عند الإنبات والاستجابة لحمض الابسيسيك ABA (Mano and Takeda , 1997b) .

كما إستخدمت معلمات الصفة الكمية QTLs في تطوير 100 نبات في الجيل الثاني ، وتحديد موقع وراثي في الأقماع الرباعية على الكروموسوم AL 2 مثل حوالي 38% من التباين المظهري لتحمل الملوحة في قمح المكرونة (Lindsay et al. , 2002) .

وبدأ دراسة معلمات الصفة الكمية QTLs لسلاسلات 5 : F2 للهجين بين صنف فول الصويا المتحمل للملوحة S-100 والصنف الحساس Tokoy ، ساعدت تقنيتي الـ RFLP ، SSR في إكتشاف موقع رئيسي لتحمل الملوحة قريب من المعلم Sat 091 SSR على المجموع الارتباطية N (LG) إنحدر من الصنف المتحمل S-100 ، مثل 41 ، 60 ، 79% من التباين الوراثي لتحمل الملوحة في الحقل والصوبة والتحليل المشترك ، على الترتيب . حيث أشار Lee وآخرون (2004a) إلى أهمية إستخدام المعلمات الجزيئية كعوامل مساعدة في الانتخاب لتحمل الملوحة .

وعموماً يوضح جدول (1 - 19) بعض الجينات التي أمكن عزلها والمرتبطة ببروتينات الإجهاد الملحي في المحاصيل المختلفة.

ثانياً : تقنية نقل الجين Gene transfer technology

أمكن تعيين جين الاسموزية *Osmotin gene* والذي يلعب دوراً هاماً في تحمل نباتات الدخان للإجهاد البيئي غير الحيوي ، وتحريكه باستخدام الأروبكتريم كوسيط إنتقال إلى نباتات الكانولا وإنتاج نباتات معدلة وراثياً من الصنف *Brassica Juncea* c.v Pusa Jaikisan ، حدث فيها تعبير عالي لجين

جدول (1 - 19) : بعض الجينات التي أمكن عزلها والمرتبطة ببروتينات الإجهاد الملحي في المحاصيل المختلفة

المحصول	الجين
فول الصويا	Pyrroline-5-carboxylate reductase (<i>P5CR</i>), Pyrroline-5-carboxylate synthetase (<i>P5CS</i>).
البرسيم الحجازي	<i>PsbD, psaB, alpB, rbcL, msPRP2, pCab4, pCab1</i> and <i>rbcS</i> .
الذرة الشامية	<i>CHEM4</i> .
بنجر السكر	Betaine aldehyde dehydrogenase (<i>bet B</i>).
قمح الخبز	Early salt stress induced (<i>ES1</i>) and <i>PKABA1</i> , <i>H⁺ATPase</i> gene.
الأتربلكس (القطف)	Mustard salt clone (<i>pnscl</i> and <i>msc 2</i>).
الكانولا	<i>Ribulose-1, 5-bis phosphate carboxylase</i> <i>oxygenase-large-subunit</i> .
الأرز	<i>70 KDa</i> subunit of tonoplast ATPase.
الدخان	<i>Asr 1</i>
الطماطم	Cysteine protease (<i>Cyp 15a</i>).
البسلة	

(عن : Pareek et al., 1997)

الضبط الأسموزي وتأكد إنتقاله بتقنية الـ PCR وتحليل الـ Southern في تحسين تحمل الملوحة والجفاف (Tayal et al., 2003). كما أمكن نقل الجين *mtl-1D* المتحكم في إنتاج إنزيم Mannitol-1-phosphate dehydrogenase من بكتريا *E. coli* إلى نباتات الدخان لأكسبها صفة التحمل الملوحة (Traczynski et al., 1993). وكذا إنتاج سلالات من الحمص والعدس والفول السوداني والذرة الرفيعة معدلة وراثياً بجينات *mtl-1D* ، *coda* ، *P2 CSF 129A* ، *tsp1* عالية التحمل للملوحة (Sharmila and Saradhi, 2003).

ثالثاً : تقنية زراعة الأنسجة Tissue culture technology

نظراً للصعوبات التي تواجه مربى النبات فى برامج التحسين الوراثي على مستوى النبات الكامل وإستغراق طرق التربية التقليدية لوقت طويل نسبياً ، والمشاكل التي تواجه المربي في التهجينات المتباعدة من عقم نباتات الجيل الأول الهجينى وعدم التوافق وتدهور الأجنة والعوائق الوراثية التي تحد من الاستفادة من الجيرمبلازم البرى . لذا نما الاتجاه لاستخدام تقنية زراعة الأنسجة للاستفادة من التباينات الوراثية الموجودة في الأنواع البرية والتغلب على الحواجز في التهجينات المتباعدة ، لتطوير وإنتاج نباتات مقاومة للملوحة.

وفي هذا الصدد ، فقد أمكن تحقيق تحسين في تحمل الملوحة من خلال التهجين بين الآباء فى محاصيل القمح وفول المانج والبرسيم الحجازي إلا أن Richards (1992) قد شكك في إمكانية استخدام الأقارب المحتملة للملوحة في زيادة محصول النباتات المحتملة الناتجة ، وأضاف McCoy (1987) أن عملية إنتاج نباتات متجددة متحملة للملوحة والمستولدة من الخلايا المتأقلمة تبدو صعبة لوجود مستوى عالي من التباينات الجسدية. وفي هذا المعنى فإن مربى النبات معني أكثر بمواد التربية التي عند تقييمها في الحقل تبدو متوسط أداء أفضل تحت ظروف إجهاد الملوحة .

وعموماً ، تعتبر زراعة الأنسجة وسيلة لزيادة الاختلافات وإنتاج نباتات وسلالات مقاومة للملوحة ، حيث أمكن حديثاً إنتخاب وإنتاج سلالات من محاصيل القمح والأرز والكتان والكانولا والبرسيم الحجازي مقاومة للملوحة.

وتعتبر التباينات الجسدية الناتجة في مزارع الأنسجة أداة هامة في برامج الانتخاب لتحمل الملوحة ، فقد تمكن Prammanee (2004) من إنتاج

نباتات متجددة من قصب السكر إستطاعت تحمل مستوى ملوحة 1.0-2.0% (وزن/ حجم) في بيئة كلوريد الصوديوم مقارنة بالصنف الأصلي F36-819. وقد إستخدم تكنيك زراعة الأجنة غير الناضجة في القمح في إنتاج سلالات عالية التحمل للملوحة عالية المحصول حيث تم زراعة الأجنة غير الناضجة للصنف سخا 8 (المقاوم للملوحة) والسلالتين 25 و 28 (الحساسيتين للملوحة) على بيئة MS تحت ثلاثة مستويات من ملوحة ماء البحر (صفر ، 6000 ، 9000 جزء في المليون) ، حيث أمكن إستيلاء نباتات تم زراعتها في أصص في الصوبة تحت ظروف من التحكم في درجة الحرارة والإضاءة وإنتاج نباتات الجيل الأول R₁ والثاني R₂ والثالث R₃ المستولد تحت نفس الظروف (Sabry et al., , 2006).

وقد إستكمل الباحثون الدراسة بزراعة حبوب 71 نبات من الجيل الرابع المستولد R₄ والآباء الثلاثة سخا 8 والسلالتين 25 ، 28 مع أربعة أصناف تجارية أخرى هي سدس 1 وجميزه 10 وسخا 93 وسخا 94 في تجربة حقلية في حوضين من الأسمنت ملأا بالتربة ، خصص الحوض الأول لمعاملة الملوحة (الري بماء البحر مع التخفيف حتى تركيز 12.000 جزء في المليون) والحوض الثاني لمعاملة ماء الري بماء الصنبور (بدون ملوحة) في ثلاث مكررات . وقد أمكن إنتخاب ثمانى سلالات في الجيل المستولد الرابع R₄ ، تميز أربعة منها بالمقاومة للملوحة والمحصول العالي بزيادة وصلت < 45% عن الآباء الأصلية.

وقد أفادت تقنية زراعة المتوك في تربية القمح لتحمل الملوحة ، حيث تمكن Zao وآخرون (1995) في الصين ، من الحصول على سلالات من القمح تتحمل الملوحة بزراعة متوك الجيل الأول F₁ على بيئة تحتوي على

وعموماً يحقق استخدام تقنية زراعة الأنسجة المميزات الآتية :

(عن Rains et al. , 1986) .

- 1- تقييم عدد كبير من التراكيب الوراثية والانتخاب معملياً باستخدام حيز صغير نسبياً.
- 2- إختصار الوقت بين الأجيال.
- 3- التحكم الدقيق في تجانس وتمائل الظروف البيئية والغذائية.
- 4- تمائل النباتات الناتجة من مزارع الخلايا في النمو والتطور ، ومن ثم تقل التعقيدات الراجعة إلى الاختلاف في مورفولوجي النبات.
- 5- الحصول على تباينات كبيرة بين التراكيب الوراثية أثناء الزراعة.
- 6- يمكن تقييم الصفات المنتخبة على مستوى الخلايا فيما يتعلق بالاختلافات الجسدية من النباتات المتجددة الناتجة وأنسالها.
- 7- يمكن استخدام البروتوبلاست المعزول ومزارع الخلايا والكالوس في دراسة العمليات الفسيولوجية والكيموحيوية والتي تُنظم تحمل إجهاد الملوحة.

رابعاً : استخدام نظير الكربون التمييزي في دراسات تحمل الملوحة

Carbon isotope discrimination in salinity tolerance studies

تستخدم هذه التقنية كمؤشر فسيولوجي مناسب وسريع وغير مكلف في برامج غربلة السلالات لتحمل الإجهادات البيئية . فقد أوضحت عدد من الدراسات إمكانية استخدام نظير الكربون التمييزي (Δ) كمقياس سليم للدلالة على إستجابة التبادل الغازي في عملية التمثيل الضوئي للمتغيرات البيئية مثل الملوحة ، الجفاف ، الضوء وغيرها .

فقد سُجلت قيم منخفضة لـ Δ تحت إجهاد الملوحة في الشعير (Isla et al., 1998) ، والقطن والفاصوليا (Brugnoli and Lauteri, 1991) والقمح (Rivelli et al., 2002) . ولقد أفادت هذه التقنية في غربلة سلالات الأرز لتحمل الملوحة في مرحلة البادرة تحت ظروف مزارع المحاليل المغذية . حيث تميز صنف الأرز المتحمل للملوحة Pokkali بارتفاع قيم Δ بنسبة 3.2% عن السلالة الحساسة للملوحة IR 29 . وقد أعزى ذلك إلى تراكم الأملاح في فجوات الخلايا وسيتوبلازم الكلوروبلاست والذي أدى إلى نقص معنوي في عملية التمثيل الضوئي للسلالة الحساسة ، كما أنتج الصنف المتحمل كمية من المادة الجافة بلغت ضعف ما أنتجته السلالة الحساسة وحصلت السلالات للشقيقة متوسطة التحمل على قيم متوسطة لـ Δ وإنتاج المادة الجافة ، حيث سجل Shaheen and Hood-Nowotny(2005) ارتباط سالب وعالي المعنوية ($r = -0.95$) بين قيم Δ ومقياس تحمل الملوحة.

مشاكل التربية للمقاومة للملوحة

Problems in breeding for salinity resistance

- توجد مجموعة من الصعوبات التي تواجه مربّي النبات عند التربية للمقاومة للملوحة يمكن سردها في النقاط الآتية :-
- 1- صعوبة التوصل إلى بيئة ملحية مناسبة ، محكمة يُعتمد عليها في برامج الانتخاب الدقيق للمقاومة للملوحة.
 - 2- عدم وجود مقياس دقيق وبسيط وملائم يُعتمد عليه كمعيار إنتخابي في برامج التربية لمقاومة الملوحة.

3- أن المقاومة للملوحة يحكمها نظام وراثي معقد ويوجد عدد من الجينات التي ينبغي نقلها من سلالات الجيرمبلازم والأقارب البرية ، والذي يبدو من المهام الصعبة لمربي النبات.

4- يحتاج فهم الأساس الوراثي والكيموحيوي والفسولوجي للمقاومة للملوحة إلى مزيد من الفهم ، الأمر الذي يتطلب عمل مزيد من التحليلات ومزيد من التعاون بين مربى النبات والمتخصصين في مجالات العلوم المرتبطة.

التغيرات المرتبطة بالتعبير الجيني في تحمل إجهاد الملوحة

Changes in Gene Expression in Relation To Salinity Stress Tolerance

تشير الاتجاهات البحثية المتقدمة إلى ظهور تباينات مستحثة في أنواع رنا الرسول والبروتينات إستجابة للإجهادات الاسموزية وظروف الملوحة ، الأمر الذي يحدث تغييراً في العمليات الكيموحيوية والفسولوجية والشكل الظاهري للنبات . كما تحدث هذه التغيرات إستجابة للمعاملة الخارجية بحمض الازيتيك كعامل وسيط للإجهاد الاسموزي. وتشير عديد من التقارير إلى حدوث حث لجينات و/ أو بروتينات معينة متخصصة ذات علاقة وتحمل الملوحة وإجهادات البيئة الأخرى .

أولاً : جينات يُنظم (يُعدل) فعلها بالزيادة أو النقص بتأثير الملوحة

Genes up or down regulated by salinity

لقد تأكد وجود عديد من الجينات التي تستجيب لإجهاد الملوحة وتقوم بوظيفة الاتزان الأيوني Ion homeostasis منها ما هو مسئول عن التخلص من أيون الصوديوم Na^+ عبر الغشاء البلازمي أو تجزئ وتوزيع الصوديوم في الفجوات أو إمتصاص البوتاسيوم بما يعمل على الاتزان الاسموزي . وتشير الدلائل إلى أن جينات الاستجابة للملوحة والجفاف تعمل تحت نظام معقد ويمكن تقسيمها إلى جينات مبكرة الاستجابة Early responsive genes وجينات متأخرة الاستجابة Delayed responsive genes ، ومن

أمثلة الجينات مبكرة الاستجابة الجين *rd 29A* في نبات الارابيدوبسيس والجين *Em* في القمح والجين *Ms PRP2* في البرسيم الحجازي وعائلة الجين *AtMyb* , *RD22BP* , *CBF /DREB* , *ABF/ AB 15 / AREB* في قصب السكر (عن : Dwivedi , 2004) .

وقد أمكن تحقيق تقدمات كبيرة في مجال البيولوجيا الجزيئية للإجهاد في العقود الأخيرة لمعرفة عناصر *Cis – regulatory* في جينات الاستجابة المتأخرة وكلونة جينات الاستجابة المبكرة المشفرة للبروتينات تحت ظروف الملوحة .

وقد أمكن حث إنتاج عديد من البروتينات تحت ظروف الإجهاد الملحي في عديد من المحاصيل مثل الشعير والقمح والدخان والفاصوليا وغيرها . ففي الشعير ، وجد أن الإجهاد الملحي يقلل المحتوى الكلي من رنا الرسول في الجذور بحوالي 20-30 % وحث حوالي 21 نوع جديد من رنا ، بينما يحدث تثبيط لأنواع أخرى من الحمض النووي (Ramagopal , 1987) . وسُجلت اختلافات بين الأصناف المتحملة وغير المتحملة للملوحة في حث تخليق البروتين في الجذور والسوق وأنسجة الكالوس تحت ظروف الملوحة (Ramagopal , 1988) وتحدث هذه التغيرات في التعبير الجيني على توي النسخ أو بعد عملية الترجمة والانتقال.

وقد لوحظ إزدياد الفعل التنظيمي ونشاط مجموعة معينة من البروتينات و/ أو الجينات بإجهاد الملوحة والجفاف . حيث صاحب الإجهاد الاسموزي المصاحب لنقص الماء والملوحة نقص إمتلاء الخلية وزيادة تنبيه إفراز حمض أميسيك والذي أعقب حث فعل الجين بالزيادة أو الانخفاض لعديد الببتيد المنخفضة (Plant et al. , 1991) .

فتستجيب جينات الاستجابة للجفاف أو سحب الماء (*dhn*) وحمض
الابسيسيك (*Rab*) ، (*Lea*) للمعاملة بحمض الابسيسيك . ويعبر جين الجفاف
dhn₁ في الذرة الشامية والقمح والشعير كاستجابة مباشرة للمعاملة بحمض
الابسيسيك (Close et al. , 1989) ، بينما يُستحث جين *AF 93* بإجهاد
الجفاف بورقة علم نباتات قمح المكرونة المعرضة لإجهاد الجفاف
(Lacerenza et al. , 1995) .

ويتغير تعبير جين *Germin* في القمح والشعير خلال تطور النبات
تحت إجهاد الملوحة والمعاملة بحمض الابسيسيك أو إندول حمض الخليك
(Hurkman and Tanaka, 1996) ، ويزداد تعبير جينات *Germin*
Gs₁ ، *Gs₂* أثناء صدمة الملوحة لبادرات وأوراق الشعير ويظهر أعلى تعبير
لهما في الجذور (Hurkman et al. , 1991) ، كما يعبر جين *Germin*
أثناء عملية الإنبات العادية لأجنة محاصيل الحبوب ، وأمكن التعرف عليه في
صورة إنتاج أنزيم Oxalate oxidase (Lane et al. , 1993) ويوضح
جدول (1 - 20) بعض الجينات التي يُستحث فعلها بتأثير الملوحة في النباتات
الراقية.

ولقد وجدت بعض البروتينات الشبيهة بالاسموتين Osmotin منها
Iceplant Glycoprotien - 24-KD , SRgp 24 في نبات عشب الجليد
ولوحظ أن بروتين SRgp 24 له نفس التتابع المماثل للاسموتين ولكن يقل فعله
Down في أنسجة الأوراق والسيقان ، تحت ظروف الملوحة ، (Yen et al. ,
1994) . وقد وجد في النباتات المحبة للملوحة مثل القطف ، بروتين مرتبط
بالاسموتين يقل فعله بالملوحة والحرارة والإصابات المرضية والحشرية
(Casas et al. , 1992) .

وعلى مستوى مزارع الأنسجة ، لوحظ أن تحمل الخلايا قد يُفقد خلال عملية الاستيلاء ، وأن هناك عديد من الجينات يزيد أو يقل فعلها تحت إجهاد كلوريد الصوديوم . وأن حدوث طفرة فردية عند موقع المحفز Promoter في السلالة المنتخبة من البرسيم الحجازي يمكن أن يؤثر على تعبير عديد من الجينات . هذا وقد لاحظ Winicov (1994) ارتباط بين تحمل الملوحة في السلالة المنتخبة وزيادة تعبير نشاط إنزيمات Ribulose – 1,5 – biphosphate carboxylase / oxygenase والرجوع إلى الجين النووي (*rbcS*) والسيتوبلازمي (*rbcL*) ، وأشارت قيم معامل التوريث أنها صفة شبه سائدة Semi-dominant في النباتات المتجددة .

جدول (1 - 20) : بعض الجينات التي يستحث فعلها بتأثير الملوحة في النباتات الراقية

المحصول	الجين	الوصف
فول الصويا	<i>Ncl</i> <i>ProC</i>	إستبعاد كلوريد الصوديوم من المجموع الخضري . زيادة مستويات البرولين .
البرسيم الحجازي	<i>RbcL</i> <i>RbcS</i>	زيادة الكلوروفيل . البروتينات المرتبطة .
القمح هجين القمح × حشيشة القمح هجين القمح × الشعير	<i>Kna1</i> <i>ESI(x)</i> <i>dhn</i> <i>Gs1, Gs2</i>	إختيائية بو / ص . حمض الأبسيسيك ، الإجهاد الاسموزي والصدمة . حمض الأبسيسيك ، والجفاف . الجرمين Germin .
الأرز	<i>Rab</i> <i>Salt</i>	الاستجابة لحمض الأبسيسيك . إستبعاد أيون الصوديوم من المجموع الخضري .
نبات عشب الجليد	<i>Gdp1</i> <i>Lmt1</i> <i>Ppcl</i>	إستجابة إختيائية . البينيتول . إستجابة إختيائية ، وإسموزية الورقة .
الدخان	<i>Mtl1</i>	زيادة المانيتول .

(عن : Pareek et al. , 1997)

وقد أمكن عزل 16 جين (*ESI*) مستحثة بالملوحة في الهجن النوعية بين قمح الخبز AABBDD , $2n = 6 \times = 42$ *T. aestivum* صنف Chinese Spring والنوع *Lophopyrum elongatum* صنف Löve , $2n = 2 \times = 14$ EE أظهرت النباتات الشبيهة بالثمانية Octaploid amphiploid مستوى عالي من التحمل للملوحة مقارنة بالقمح وأمكن إستغلالها في تطوير سلالات متحملة للملوحة (Zhong and Dvorak, 1995) . كما وجدت الجينات *ESI 4* , *ESI 14* , *ESI 15* , *ESI 28* , *ESI 32* على الكروموسوم 5E . وتسهم الكروموسومات 5E , 3E في معظم التحمل لصدمة الملوحة ، بينما أعزى التحمل التدريجي للملوحة إلى الكروموسومات 3E , 4E , 5E , مع التأثيرات المساهمة من الكروموسومات 1E , 7E .

كما يستحث الجين *ESI 13* والذي يقع على الذراع الطويل للكروموسوم 4 مع جينات مماثلة على الكروموسومات 4 LD , 4 LB تحت معاملات الإجهاد بكلوريد البوتاسيوم وحمض الأبسيسيك وصدمة المانيتول في القمح (Gulick et al. , 1994) ، كما يُستحث تعبير الجين *ESI 35* بالزيادة UP-regulated والذي يقع على الكروموسوم 6 L مع جينات مماثلة على نفس الكروموسوم في جينومات القمح A , B , D ، تحت ظروف الإجهاد الاسموزي.

وأمكن تحديد ثلاثة كروموسومات على الأقل مسئولة عن تحمل الملوحة في الهجين بين القمح \times الشعير (Forster et al., 1990) ، ووجدت جينات مماثلة في القمح لجينات *L.elongatum* والتي ينظم فعلها بالزيادة مع إجهاد الملوحة (Dubcovsky et al., 1994). وفي الذرة الرفيعة ، أمكن

التعرف على جين مستحث في بعض التراكييب الوراثية عند تعريضها للملوحة (Lerner et al. , 1994) .

وحديثاً ، وجد أن جين *HAL1* المسئول عن تحمل الخميرة للملوحة عند تعبيره العالي ، وكذلك جين *(mitlD)* Manitol – 1- phosphate dehydrogenase transgene في البكتريا ، يزيد مستويات المانيتول في الجذور وتحمل الملوحة في النباتات الراقية وأنه يمكن الاستفادة بها في عمليات التطويغ الوراثي لإنتاج أصناف من المحاصيل الراقية أكثر تحملاً للملوحة. ويدل ذلك ، على أن تحمل الملوحة يرتبط مع تنظيم عمل الجينات في حالة وجودها . ويوضح جدول (1 - 2) أمثلة لبعض البروتينات المصاحبة لإجهاد الملوحة التي أمكن التعرف عليها في المحاصيل المختلفة .

ثانياً : جينات النبات المشفرة لبروتينات النقل

Plant genes encoding transport proteins

لقد وصف Niu وآخرون (1995) استجابة الجينات المشفرة لبروتينات النقل وأوضح أهمية ثبات والمحافظة على الاتزان الأيوني Ion homeostasis في الإقلمة للملوحة من خلال إنتاج مضخات $H^+ATPase$ ، H^+Pase ، $Ca^{2+}ATPase$ ، $Na^+ATPase$ Pumps مرتبطة مع الغشاء الخلوي ، والتونوبلاست والأغذية السوبلازمية . حيث لاحظ Narasimhan وآخرون (1991) أن العامل ولو لفترة قصيرة بكلوريد الصوديوم تؤدي إلى حث نسخ تحت وحدات جين 70 ر دالتون أو ثبات رنا الرسول في الخلايا المتأقلمة مع الملوحة . وقد إرشدت الزيادة في

جدول (1 - 21) : أمثلة لبعض البروتينات المصاحبة لإجهاد
الملوحة في المحاصيل المختلفة

المحصول	بروتينات إجهاد الملوحة
الشعير	12 proteins in roots (21 –34 KDa) 9 proteins in shoots (18-50.5 KDa) 21 polypeptides (68-18 KDa) in cv CM 72 and 12 polypeptides (107-26 KDa) in cv Prato
الدخان	58 , 37 , 35.5 , 34 , 26 21, 19.5 , 18 KDa 110 , 94 , 80 , 71 , 68 , 56 , 55 , 52 , 46 , 44 , 40 , 38 KDa
قصب السكر	40 , 38.7 , 38.2 , 35 , 34.6 , 31.5 31.2 , 25.5 , 24.8 22.8 , 22.7 , 22.2 19 , 18.7 , 17.9 and 15 KDa
الكانولا	22 KDa
الموالح	Cit – SAP
الطماطم	TAS 14 (Dehydrin)

(عن : Parcek et al , 1997)

نشاط تحت وحدات جين $KD\ 70$ أو ثبات رنا الرسول مع الزيادة في بروتين $H^+ ATPase$ كميائية تسهم في إستجابة النبات للملوحة .

وتلعب عملية إنتقال الرسائل بين الأغشية الخلوية والتونوبلاست وإستجابة النبات للملوحة وحث إنتاج انزيمات $ATPases$ دوراً محدداً في تراكم وتوزيع الذائبات المنظمة لتحمل النبات لإجهاد الملوحة .

ويرتبط التعبير الجيني والاستجابات الفسيولوجية للغشاء الخلوي ونشاط جين إنزيم $H^+ ATPase$ على الغشاء البلازمي إيجابياً مع تحمل الملوحة ، حيث تُبدي خلايا النباتات المحبة المتحملة للملوحة $Halotolerant$ مستويات نسخ و/ أو أنشطة ضخ عالية مقارنة بالنباتات غير المتحملة ، ويحدث هذا خلال عملية الأكلمة للإجهاد كخاصية تركيبية .

وقد قرر **Perez-Prat وآخرون (1994)** أن إشارة الاستقبال إستجابة للإجهاد الملحي تكون مطلوبة للتعامل مع ظروف الملوحة ، ليزيد تعبير جين إنزيم $H^+ ATPase$ ، والذي سجل حدوثه خلال دورة تطور الخلية تحت ظروف إجهاد الملوحة.

وتدل نتائج الدراسات البحثية إلى وجود تأثيرين هامين للملوحة على إنتقال البروتون :

الأول : يتمثل في الزيادة في معدل إنتقال البروتون.

والثاني : وجود وفرة من البروتون H^+ ونشاط إنزيم $Ca^{2+} ATPase$ ، وتبدو هذه التغيرات هامة جداً للمحافظة على وتنظيم توزيع الأيونات بين الخلايا ولقد أمكن التعرف على أنواع جديدة من البروتينات منها $SSPs$ ، $SAPs$ المنظمة لتحمل الملوحة والتي يتغير تعبيرها مع ظروف الإجهاد

الملحي. ويبين شكل (1 - 9) الاتجاهات المختلفة الموضحة لذلك ، حيث أفا، إكتشاف هذه البروتينات فيما يلي :

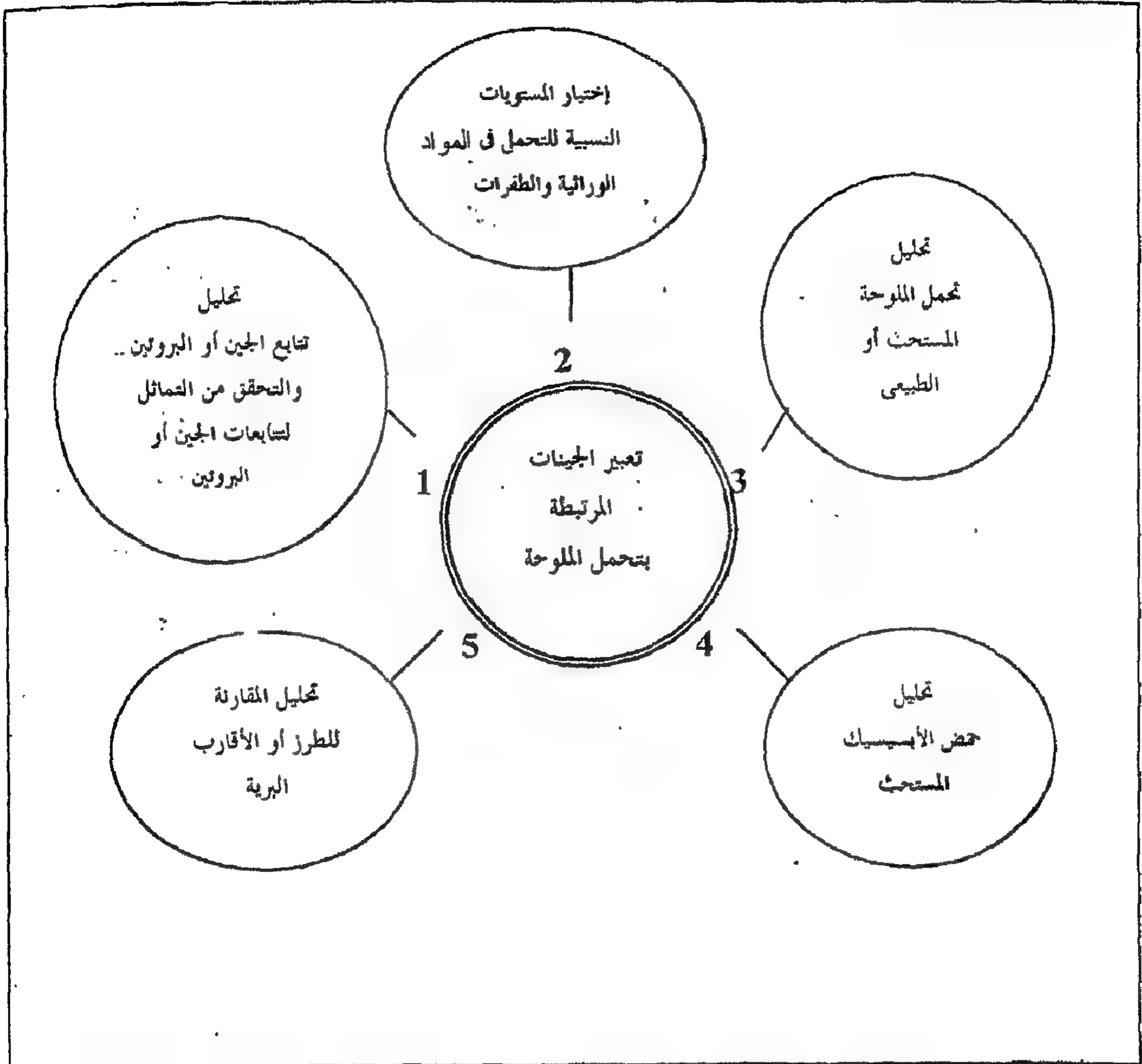
1- أمكن تشخيص جينات الاستجابة للملوحة والاستفادة من تتابعات نيوكليوتيدات الأحماض الأمينية للبروتينات المستحثة لمعرفة مدى التماثل مع الأدلة المرجعية. وتعطي البروتينات المتميزة وقواعد البيانات الأساسية للجين بأجهزة الكمبيوتر Software معلومات جيدة لإجراء هذا التحليل ، ففي حالة التماثل التام Complete homology بين تحليل التتابع وبعض تتابع الجين الذي تم تعيينه ، يصبح وثيق الصلة بالجين المتخصص في الاستجابة للإجهاد .

2- أن التغيرات في تعبير البروتين و/ أو الجين تتلازم مع تطور حدث التحمل للملوحة.

3- أن التربية لسلالات تتميز بتحمل مستويات مختلفة من الإجهاد الملحي في أنواع المحاصيل ، أصبح ميسراً ، ففي الأرز تعتبر الأصناف Pokkali و Nona bokra متحملة للملوحة على المدى البعيد ، في حين يعتبر الصنف Taichung native-1 أكثر حساسية للملوحة . ويفيد هذا التباين في تحليل المستويات النسبية لبروتينات الإجهاد حيث تزيد مستويات بروتينات الـ dehydrin ومجموعة LEA 111 معنوياً في جذور الأصناف المتحملة عن الأصناف الحساسة كما تضاعف تراكم حمض الأبسيسيك تحت تأثير المعاملة بكلوريد الصوديوم في جذور الأصناف المتحملة عدة مرات مقارنة بالصنف الحساس (Moons et al., 1995) .

4- أصبحت هناك إمكانية للحصول على معلومات عن أهمية الجين و / أو البروتين بدراسة حثة لإنتاج حمض الأبسيسيك والذي تزداد مستوياته تحت

تأثير معظم طرز الإجهاد ومنها الملوحة ، كما تؤدي المعاملة الخارجية
بحمض الأبسيسيك إلى حث التحمل لعدد من الإجهادات البيئية (Plant
et al. , 1991).



شكل (1 - 9) : ملخص الاتجاهات المختلفة المحتملة عن العلاقة بين التغيرات الحادثة في التعبير الجيني تحت إجهاد الملوحة.
(عن : Pareek et al. , 1997).

ثالثاً : الإشارات الخلوية ودورها في تحمل الملوحة

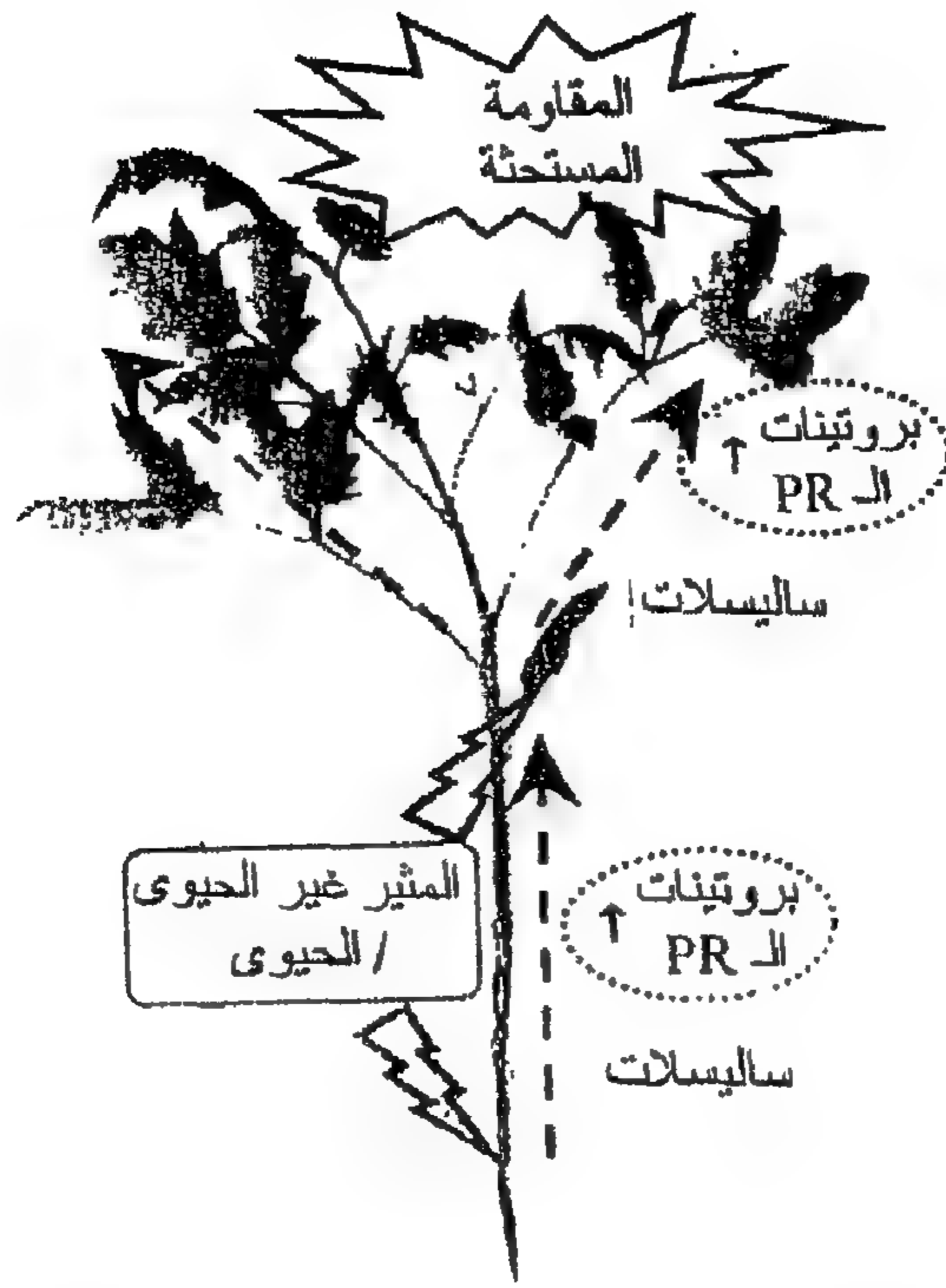
Role of cellular signal transduction in salinity tolerance

يؤدي تعرض نباتات المحاصيل لظروف الإجهاد المختلفة ومنها الملوحة إلى حث خلايا النبات على إرسال عدد من الإشارات بين الخلوية Signal transduction الحادثة على تعبير عدد من الجينات وتنشيط مسارات تخليق عدد من المركبات الكيموحيوية مثل حمض الابسيسيك والبرولين والجليسين بيتين ... وغيرها والمسئولة عن مقاومة إجهادات البيئة غير الحيوية.

ويتفاعل الغشاء البلازمي كحاجز طبيعي لمرور الذائبات المائية وكمادة للبروتينات المرتبطة بامتصاص الذائبات وإنقالها .

وتلعب إشارات الملوحة والجفاف التي تُبدىها الخلايا النباتية دوراً حيوياً تحت ظروف الإجهاد الاسموزي مستحثة عدد من الاستجابات الأيضية . وقد أفادت التقنية الحيوية والبيولوجيا الجزيئية في فهم التركيب الجينومي ووظيفة الجينات والاستجابات المرتبطة بالجفاف والملوحة . فقد أمكن عزل عدد من الجينات المرتبطة بالإجهادات من مختلف الأنواع النباتية . ولوحظ تراكم عدد من المواد الفاعلة للاسموزية في النباتات تحت ظروف الإجهاد ، منها السكروز والسوربيتول والمانيتول والجليسرول والارابينول والبينيبتول ومركبات النيتروجينيز مثل البرولين Proline والبيتين Betaine والجلوتامات Glutamate والاسبرترات Aspartate والجليسين Glycine والكولين Choline والأحماض العضوية مثل الأكسالات والمالات .

وعموماً فإن إدراك وتمييز إشارة الملوحة في غشاء البلازما يترتب عليه حدوث عدد من التغيرات في كيموحيوي وفسيوولوجي الخلية . ويبين شكل (10 - 1) المقاومة المستحثة في النبات تحت تأثير الإجهاد البيئي .



شكل (1 - 10) : المقاومة الجهازية المستحثة تحت تأثير الإجهاد البيئي

تستحث المقاومة الجهازية في النبات ، بتعرض الجذور أو الأنسجة النباتية للمثيرات البيئية . ويعتمد ذلك على إنتاج الهرمون النباتي ساليسلات (حمض الساليسليك) وتراكم البروتينات المرتبطة PR- proteins بمقاومة الإجهادات البيئية (عن : Vallad and Goodman , 2004) .

وقد أجريت محاولات لتطوير مسار Glyoxalase لإنتاج نباتات دخان معدلة وراثية متحملة للملوحة . ويحكم هذا المسار إنزيمان هما Glyoxalase I و II ، يتفاعلان معاً في صورة تعاونية في وجود الجلوتاثيون المختزل كعامل مساعد لتحويل مركب Methylglyoxal-a cytotoxic السام للخلايا إلى حمض اللكتيك . حيث لوحظ حدوث تعبير زائد لانزيم Gly. I من الريب يؤدي إلى تحسين تحمل الملوحة في نباتات الدخان المعدلة وراثياً ، وأظهرت هذه الصفة ثباتاً وراثياً ، وتميزت نباتات الجيل الأول T₁ المعدلة وراثياً بالقدرة على تكمل دورة حياتها تحت ظروف الملوحة كما لوحظ أيضاً حدوث تعبير عالي

لانزيم Gly II عند تحريكه من الارز إلى الدخان ، إما بصورة منفردة أو بالتعاون مع Gly I والذي أدى إلى حدوث تطويع كامل لمسار Glyoxalase لإنتاج نباتات ثنائية التعديل الوراثي Double transgenics كانت أكثر مقاومة للملوحة مقارنة بتلك الناتجة من تعديل وراثي واحد فقط.

وأشار تحليل التحول الوراثي للجيل الأول ثنائي التعديل الوراثي إلى الثبات الوراثي والوظيفي لصفة تحمل الملوحة كما لوحظ حدوث حجز لأيونات الصوديوم Na^{+} الزائدة في الأوراق المسنة ، بدون أي تأثير على جودة البذور (Pareek *et al.* , 2003).

كما يعمل فوق أكسيد الهيدروجين كإشارة جزيئية Signal molecule حادثة لمسارات التخليق الحيوي لمضادات الأكسدة من الانزيمات والمواد المختلفة التي تقوم بحماية النظام الكيموحيوي والوظائف الخلوية في النبات تحت ظروف الإجهاد البيئي (Angrish *et al.* , 2003).

ولقد زاد مستوى الاستيروولات الحرة والجلسريد الثلاثي في أصناف فول الصويا إستجابة لإشارة الملوحة وبقي تركيب الأحماض الدهنية دون تغير في الأصناف المتحملة والحساسة .

وتؤثر الملوحة على نشاط بروتون الأنزيم ATPase H^{+} المرتبط بالغشاء البلازمي والتونوبلاست . ويحدث حث لنشاط إنبعاث البروتون نتيجة التغيرات في سيولة الغشاء كإشارة تفسر ميكانيكية تحمل الجفاف والملوحة. ويتفاعل ATPase H^{+} الغشاء البلازمي ويعمل كمضخة وناقل للإملاح خارج الخلية ، ويسهم في حث إنبعاث البروتون H^{+} وتدفق الكالسيوم Ca^{2+} وانتقاله في الأغشية الداخلية والاندوبلازمية وعضيات الخلية والميتوكوندريا وأغشية الكلوروبلاست .

وتلعب قنوات الكالسيوم Ca^{2+} channels ومستويات سيتوسولييك الكالسيوم كرسائل ثانية لانتقال إشارة الملح Salt signal transduction . وتدل التقارير البحثية على وجود عديد من أنواع قنوات الكالسيوم في خلايا النباتات الراقية ، والتي تزيد من حث العمليات الحيوية ، وتعبير البروتين كينيز والبروتينات المنظمة الأخرى . وتشير التغيرات المسجلة في مستويات الكالسيوم إلى دورة في إستجابة الجذور لإجهاد الملوحة ، فقد أوضح **Rengel (1992)** أن إشارة الكالسيوم تنتقل إلى الأوراق ، إذا لم يسبق الإشارة إمداد مائي محدود هذا ويعتبر الجليكوبروتين جزئ مستقبل Receptor molecule للتعرف على وإدراك إشارة ملح كلوريد الصوديوم . ولقد عرف أن نوع البروتينات G-proteins تلعب دوراً في حث وتشجيع الخلايا وعمل إتصالات بين قواعد دنا . فقد أوضح **Raghuram and Sopory, (1995)** أهمية بروتينات G والبروتين كينيز و Phosphoinositides في إنتقال الإشارات وتنظيم تعبير جين إنزيم Nitrate reductase وتنظيم تعبير وظائف عدد من الانزيمات الأخرى وتحويل تركيب البروتينات وتوفير طاقة الأيض وحث إستجابة النباتات للإجهادات البيئية . ولقد وجد في الذرة الشامية ، أن عملية إنتقال وإعادة توزيع نواتج التمثيل إلى القمم المرستيمية والعناصر اللازمة لاستطالة وإنبساط الأوراق خلال المراحل الأولى من الإجهاد ، تحدث إستجابة للإشارة الحادثة على تطور النبات (**Lazot and Lauchli , 1991**) ، وفي قصب السكر يعمل حمض الأبسيسيك تحت إجهاد الملوحة الشديد كإشارة فعالة لاستبعاد الصوديوم وإمتصاص الكالسيوم والبوتاسيوم (**Dwivedi and Qadar , 2004**) .

كيفية التعامل مع مشكلة الملوحة

دور المعاملات الزراعية في تحسين تحمل المحاصيل للملوحة

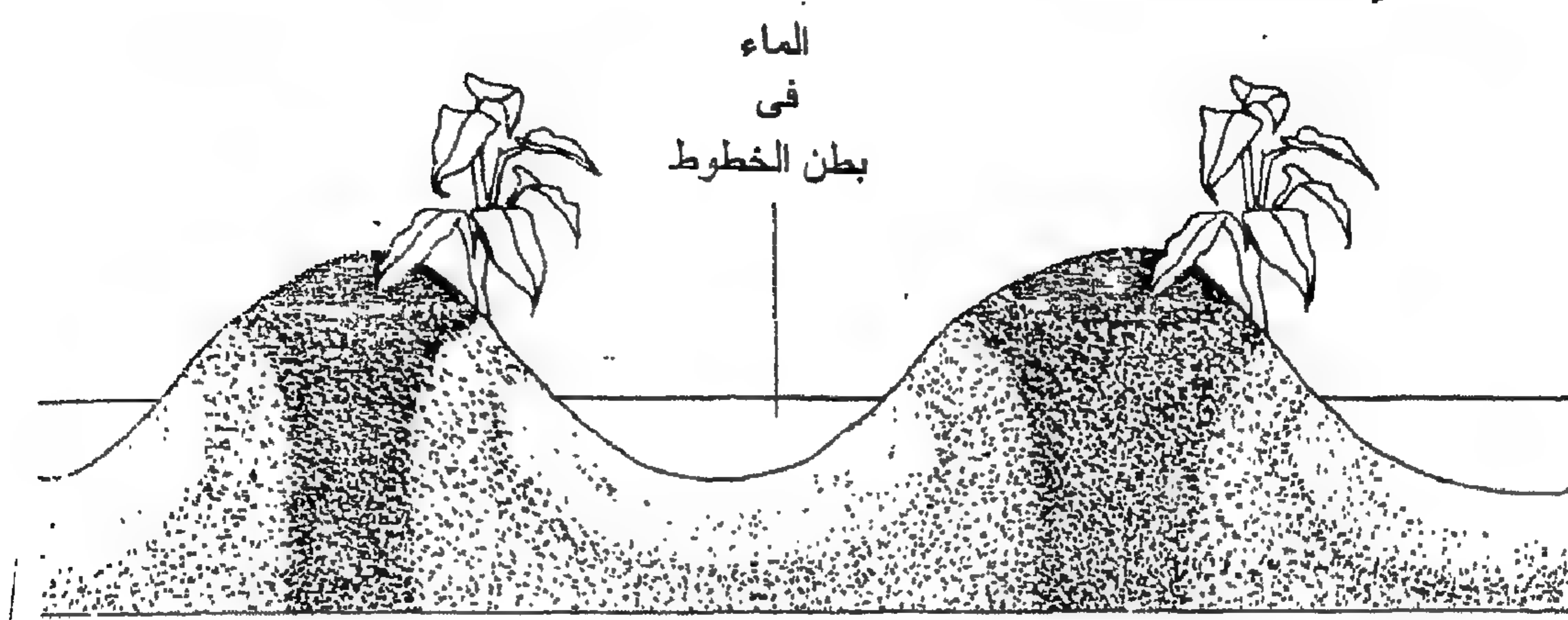
Role of Agronomic Practices in Improving Crop Tolerance to Salinity

تعاني الأراضي الملحية من زيادة تركيز الإملح في محلول التربة ، وتهدف السيطرة على ملوحة التربة إلى المحافظة على إعطاء إنتاج اقتصادي من المحاصيل الحقلية . ويعتمد إستغلال الأراضي المتأثرة بالإملح على فهم كيفية إستجابة النباتات للملوحة والمقاومة النسبية للمحاصيل المختلفة وحساسيتها عند مراحل النمو المختلفة ومدى تأثير الأرض والظروف البيئية على زيادة الإجهاد الملحي ونمو النبات . وتلعب الإجراءات الزراعية دوراً هاماً في إمكانية التغلب على مشكلة الملوحة يمكن سردها على النحو التالي :

1- إجراءات ريات غسيل قبل الزراعة : Applied of leaching : irrigations pre-planting

ويجرى ذلك بهدف خفض الجهد الاسموزي لمحلول التربة والتخلص من الأملاح المتراكمة على إمتداد المجموع الجذري قبل أن تؤثر سلبياً على المحصول . ويفضل إجراء عملية الغسيل قبل أن ترتفع ملوحة التربة عن 2 ديسيمتر/ م للمحاصيل الحساسة وعن 4 ديسيمتر/ م في حالة المحاصيل متوسطة الحساسية ، ويمكن الوصول إلى 8 ديسيمتر / م في المحاصيل المقاومة للملوحة .

والعديد من النباتات يكون غير حساس للملوحة إلى حد ما أثناء المراحل المتأخرة من النمو ، غير أنها تكون شديدة الحساسية عند الإنبات ولهذا فإنه يمكن عن طريق إعطاء الأرض رية أولى ثقيلة لغسيل الأملاح من على السطح، والزراعة على جانبي الخط (شكل 1-11) زراعة الكثير من المحاصيل الحساسة.



شكل (1-11) : رسم تخطيطي لمستويات الملوحة في مناطق نمو النبات ، حيث يراعى زراعة النباتات على جانبي الخط تجنباً لمستوى الأملاح المرتفع أعلى الخطوط ، مما يثبط إنبات البذور .

ويفضل الري قبل الزراعة مع تقليل الفترة بين الريات وتكرار عملية الري . أما إذا كانت مشكلة ملوحة التربة ، مشكلة مستديمة ناتجة عن إرتفاع مستوى المياه الجوفية فيجب الاهتمام بنظام الصرف.

2- إعداد الأرض Soil preparation

يفضل عند إعداد الأرض المتأثرة بالملوحة للزراعة استخدام المحراث الحفار بدلاً من المحراث القلاب ، لتجنب رفع الأملاح من تحت سطح التربة والتي سبق غسيلها داخل القطاع.

وتساعد تسوية سطح الأرض على إنتظام وتجانس توزيع مياه الري وبالتالي تخلصها وغسلها للأرض ، حيث يؤدي عدم تجانس السطح إلى تراكم الأملاح في المناطق المرتفعة وتجمع المياه في المناطق المنخفضة محدثة ظروفاً غدقة وتكون عمليات إنبات البذور ونمو النبات ضعيفاً في البقع المرتفعة نتيجة لنقص المياه وإرتفاع تركيز الأملاح بها وقد تحدث تأثيرات مماثلة في المناطق المنخفضة نظراً لظروف الغرق . وتزداد أهمية تسوية سطح الأرض تحت ظروف الري السطحي وتقل أهميتها عند إستخدام الري بالرش أو بالتنقيط حيث تحتاج إلى تسوية محدودة محل توزيع المياه حول الرشاش أو النقاط . ويجب عند التسوية الحفاظ على الطبقة السطحية الغنية بالعناصر الغذائية.

وعند زراعة المحاصيل يفضل أن يتم ذلك على خطوط تتجه من الشرق إلى الغرب ، مع وضع التقاوى على الريشة البحرية وهي الأقل تعرضاً لأشعة الشمس الشديدة فينخفض تركيز الأملاح عليها وعدم وضع البذور في منتصف الخط لتجنب تركيز الأملاح وخفض عمليات الخدمة بعد الزراعة وعدم تكرار عملية العزيق ، تجنباً لإثارة الأملاح وتجميعها حول المجموع الجذري للمحصول.

3- إختيار المحاصيل المتحملة أو عالية التحمل للملوحة Chosing tolerant or high tolerant crops

حيث يوجد ما يزيد عن 1500 نوع نباتي يمكن زراعتها في المناطق المتأثرة بالملوحة . ويمكن إستعمال ماء مرتفع الملوحة في ربيها . ومن أمثلة هذه المحاصيل الشعير والأرز وبنجر السكر والقطن والكانولا والقطف والجوجوبا وعديد من أعشاب المراعي النجيلية .

4- إتباع المعاملات الزراعية المناسبة Applied of proper agricultural practices

يسؤدي إتباع الإجراءات الزراعية التي تتناسب ظروف الأراضي الملحية إلى تحسين قدرة النباتات على تحمل هذه الظروف من حيث الكثافة النباتية والمغذيات المختلفة والأساليب الزراعية المناسبة والتي يمكن مناقشتها على النحو التالي :

1.4 - الكثافة النباتية Plant population density

يعتبر زيادة الكثافة النباتية أحد الإجراءات الزراعية المتبعة للتعامل مع نقص إنتاجية المحاصيل تحت ظروف الملوحة بهدف تعويض النقص في المحصول الناتج عن فقد النباتات أثناء النمو فقد وجد **Zeng and Shannon (2000)** أن زيادة الكثافة في الأرز من 400 ، 600 إلى 720 حبة / م² تحت مستويات ملوحة 1 ، 3.9 ، 6.5 ديسيمتر / م في الصوبة ، أدت إلى زيادة معنوية في درجة ثبات النباتات وكثافة الدالية . ودلت النتائج على أن النقص في المحصول تحت مستوي الملوحة المتوسط لم تعوضه زيادة الكثافة النباتية عن المعدل العادي.

وتشير التوصيات الخاصة بمحاصيل القمح والشعير إلى أهمية الاعتماد على سنبلة الساق الرئيسي كمكون أساسي للمحصول تحت ظروف الأراضي المتأثرة بالملوحة حيث يفضل زيادة معدل التقاوى للتغلب على مشكلة التفريع غير المنتج وإنتاج أفرع متطفلة تؤثر على إنتاجية الصنف المحصولي.

2.4 - تغذية النبات Plant nutrition

يعتبر تزويد نباتات المحاصيل باحتياجاتها من العناصر السماكية في صورة مناسبة سهلة الاستفادة ، من الوسائل المفيدة في تحسين نمو وتحمل

النباتات نملو حه . و على ذلك فإن إتباع برامج تسميد مناسبة لظروف الأراضي الملحية يبدو من أهميته

1.2.4 - المادة العضوية : Organic matter

ترجع الأهمية الكبرى للمادة العضوية إلى إحتوائها على العناصر الغذائية ، إلى جانب دورها في تحسين الخواص الطبيعية والكيميائية والحيوية للأرض الزراعية وعمل مسام مفتوحة لحركة الماء وتحسين حالة النباتات تحت ظروف الملوحة . فقد أوضح Reda وآخرون (2003) أن وجود المادة العضوية مع البرولين يزيد من قدرة نباتات القمح على تحمل ملوحة التربة وأن زيادة ملوحة التربة من 2.62 ، 5.93 ، 9.28 إلى 15.18 ديسيمتر/م كانت مصحوبة بزيادة محتوى النبات من البرولين . وكانت الزيادة أعلى في النباتات المسمدة عضوياً عن غير المسمدة ، كما قللت المعاملة بالبرولين رشا بمعدل 20 مجم / لتر من تأثير الملوحة على نمو النبات ومن تراكم أيونات الصوديوم في أنسجته. وقد سجل السيد وآخرون (2006) زيادات معنوية في محصول الحبوب والقش والبروتين في كل من الذرة الشامية والقمح مع زيادة معدلات سماد الكومبوست من 10 ، 20 إلى 30 طن متري / فدان ، تحت ظروف الأراضي الجيرية .

2.2.4 - النيتروجين Nitrogen

يعتبر عنصر النيتروجين من العناصر المحددة للنمو تحت ظروف الأراضي الملحية أو غير الملحية ، حيث تؤدي إضافته دائماً إلى تحسن نمو النباتات وزيادة محصوله . وقد أشارت نتائج التجارب الحقلية إلى أن إضافة النيتروجين إلى الأراضي الفقيرة في محتواها من النيتروجين ذات المستوي المتوسط من الملوحة ، أدت إلى تحسن في نمو نباتات الشعير والفاول والذرة

والبرسيم والقمح والأرز والبسلة والفاصوليا . وفي نفس هذه التجارب لم تعط النباتات إستجابة لإضافة النيتروجين عندما كانت درجة الملوحة عالية ، ومع ذلك فقد أوضحت دراسات قليلة حدوث زيادة في المحصول تحت مستويات الملوحة العالية ، عندما أضيف النيتروجين بمعدلات أعلى من المثلي التي تستخدم في حالة الأراضي غير الملحية . وعلى ذلك يمكن القول بأن زيادة التسميد النيتروجيني يزيد من مقاومة النباتات للملوحة وهو ما لوحظ في حالة نباتات البرسيم والدخن ومحصول الذرة الذي سمّد بـ 375 كجم نيتروجين / هكتار ، وقد يرجع التأثير الإيجابي للنيتروجين في زيادة التحمل للملوحة إلى دور أيون النترات NO_3^- في تقليل إمتصاص وتراكم الكلوريد Cl^- (Bernstein *et al.*, 1974) إلى جانب تأثير النيتروجين في زيادة محتوى البرولين والبروتينات الذائبة الكلية والأحماض الأمينية . وتلعب صورة النيتروجين المضافة إلى التربة النامي بها النباتات تحت إجهاد الملوحة دوراً هاماً ، حيث وجد أن النيتروجين المضاف في صورة الأمونيوم NH_4^+ يكون أكثر حساسية للملوحة من صورة النترات NO_3^- مع نباتات الذرة والقمح ، كما وجد أن إضافة الكالسيوم Ca^{2+} إلى بيئة النمو تؤدي إلى تحسين معدل النمو في وجود النترات NO_3^- . ولذلك يعتبر أفضل مصدر للنيتروجين يمكن إضافته إلى الأراضي الملحية يكون من أملاح النترات أو خليط من النترات أو الأمونيوم بحيث تكون نسبة النترات أكبر من نسبة الأمونيوم .

وإلى جانب صور السماد الأزوتي ، يلعب التلقيح البكتيري بالريزوبיום دوراً في تحسين إنتاجية المحاصيل البقولية تحت ظروف الأراضي المتأثرة بالملوحة . فعند دراسة مدى تأثير الفول البلدي المنزرع تحت مستوى ملوحة 4.2 و 4.7 ديسيمتر/م وثلاث صور من السماد الأزوتي نترات الأمونيوم

وسلفات الأمونيوم والدرز والسماد السلات الردي وديوم . وجد عبد الحسيد وآخرون (2003) أن التسميد بالزيتون يساهم في زيادة كمية المحصول والمحتوي النيتروجيني للبذور . كما إضافة الأسمدة النيتروجينية ، حيث كانت هي الأفضل عند مستوي الملوحة 4.2 ديسيمتر / م . بينما كانت صورة سلفات الأمونيوم هي الأفضل عند مستوي الملوحة 7.7 ديسيمتر / م .

وتتبع المعاملات الزراعية المعتادة لزراعة وإنتاج فصب السكر في الأراضي السودانية كما هو الحال في الأراضي العادية في الهند عدا إضافة 10% نيتروجين زيادة مع الري المتكرر الخفيف وإضافة 25 كجم كبريتات زنك للتغلب على مشكلة نقص الزنك (Dwivedi , 2004) .

3.2.4 - الفوسفور Phosphorus

تبدو أهمية التغذية بالفوسفور تحت ظروف الملوحة أكثر تعقيداً منه في حالة التغذية بالنيتروجين ، ويتوقف ذلك على نوع النبات ومرحلة النمو ونوع ومستوى الأملاح في وسط النمو . ولقد وجد Champagnol (1979) أن إضافة الفوسفور إلى الأراضي أو البيئات الملحية يزيد من النمو والمحصول لعدد 34 محصولاً من جملة 37 محصولاً تم دراستها ، بما يعني أن هذا التأثير هو التأثير السائد في سلوك الفوسفور في البيئات الملحية . كما تحسن محصول الحبوب والقش والبروتين في الذرة الشامية والقمح مع التسميد الفوسفاتي بمعدل 45 كجم فوسفور 2 / 5 / فدان ، في الأراضي الجيرية (EL-Sayed et al., 2006) وتزداد مقاومة النباتات للملوحة بإضافة الفوسفور إلى البيئات المرتفعة في مستوي الملوحة ، في حين تنخفض المقاومة للملوحة في درجات الملوحة المتوسطة في وجود الفوسفور . هذا وقد أوضحت التحليلات التي تم إجراؤها

على محاصيل الشعير والقمح والذرة الشامية والذرة الرفيعة والطماطم والجزر أن زيادة الفوسفور لم يكن لها تأثير مع الملوحة المنخفضة. وقد أشار البشبيشي وشريف (1998) من نتائج عديد من الدراسات المماثلة أن الملوحة تزيد حاجة عدد كبير من النباتات إلى الفوسفور الواجب إضافته إلى بيئة النمو.

4.2.4 - البوتاسيوم Potassium

يلعب البوتاسيوم دوراً هاماً في تحسين إنتاجية أصناف المحاصيل تحت ظروف الملوحة ، لما له من أدوار حيوية في الضبط الاسموزي والعلاقات المائية وانتقال نواتج التمثيل الغذائي.

ويعتبر عنصر البوتاسيوم شبيهاً بعنصر الفوسفور من حيث الانخفاض النسبي لتركيزه في المحلول الأرضي كما أن البوتاسيوم يدمص ويثبت على الأسطح وبين الوحدات البلورية للغرويات المعدنية الأرضية . وتتميز أغشية البلازما في خلايا الجذر بقدرتها العالية على جذب البوتاسيوم أكثر من الصوديوم وعمل نوع من المواءمة بين إرتفاع تركيز الصوديوم وحاجة النبات إلى البوتاسيوم والمحافظة على مستوي الكفاية من عنصر الكالسيوم في الجذور ، وهو ما يؤدي إلى إمداد هذه الجذور بمستوي كاف من الأوكسجين.

ولقد وجد Kafkafi سنة (1984) أن المحاصيل المقاومة للملوحة مثل بنجر السكر لها قدرة أعلى على جذب البوتاسيوم مقارنة بالمحاصيل الحساسة للملوحة مثل الفول البلدي ، وتظهر كثير من النباتات إختيارية عالية للبوتاسيوم مقارنة بالصوديوم.

وهناك أدلة على أن الصوديوم يحل جزئياً محل البوتاسيوم في عديد من النباتات دون أن يؤثر ذلك على النمو والمحصول ، ولقد قسم Marschner

سنة (1995) نباتات المحاصيل إلى أربع مجموعات من حيث إحلال وتبادل الصوديوم محل البوتاسيوم.

المجموعة الأولى : وفيها يحل جزء كبير من الصوديوم محل البوتاسيوم مثل : نباتات البنجر واللفت.

المجموعة الثانية : وفيها يكون إستبدال البوتاسيوم متوسطاً ويمثلها مجموعة النباتات متوسطة المقاومة للملوحة مثل الطماطم.

المجموعة الثالثة : وفيها يكون إستبدال البوتاسيوم قليلاً بواسطة الصوديوم والذي يعتبر غير مؤثر في النمو وذلك كما في حالة نباتات الأرز.

المجموعة الرابعة : وفيها لا يحدث أي إستبدال للبوتاسيوم بواسطة الصوديوم ويمثل هذه المجموعة نباتات الذرة ، الفول والخس.

وفي هذا الصدد ، وجد Sherif وآخرون (1998) أن إضافة كبريتات البوتاسيوم بمعدل 150 كجم / هكتار في تجارب الأصص ، أدى إلى تحسن النمو ومحصول المادة الجافة لأصناف القمح ، تحت مستويات من ملوحة كلوريد الصوديوم تدرجت من صفر ، 5 و 10 ديسيمتر / م . كما سجل السيد وآخرون (2006) زيادات معنوية في محصول الحبوب والقش والبروتين في القمح والذرة الشامية بزيادة التسميد البوتاسي حتى 24 كجم بوز 2 أ / فدان ، تحت ظروف الأراضي الجيرية .

ويستطيع بنجر السكر تحمل ملوحة ماء الري حتى 2000 جزء في المليون بدون تأثير يذكر على النمو والمحصول أو صفات الجودة (نسبة صافي السكر والسكروز ونقاوة العصير) ، حيث وجد عبد المولي وزانوني (2004) أن التسميد البوتاسي أدى إلى تحسن محصول وصفات جودة بنجر السكر سواء روي بماء ملوحته 4000 جزء في المليون أو بماء عذب.

تقييم التراكيب الوراثية لتحمل الملوحة

Evaluation of Genotypes to Salinity Tolerance

تبدو عملية تقييم التراكيب الوراثية لتحمل الملوحة من الأمور الصعبة نظراً لحدوث عديد من التغيرات في الجينات المتحكمة في المقاومة للملوحة Switching on or off genes في الأنسجة المتخصصة خلال دورة حياة النبات .

ويعتمد تحمل الملوحة على مؤشرات معينة ذات علاقة وإجهاد الملوحة مثل الإنبات والتكشف والقدرة على البقاء ومعدل النمو النسبي العالي ودرجة إصفرار وضرر الأوراق ومحتوي الأيونات والعناصر المغذية الكبرى والصغرى إلى جانب التفاعل مع العوامل البيئية ، كالحرارة والرطوبة وصافي الإشعاع الشمسي وتركيب ونفاذية التربة وتوقيت وطول فترة التعريض والتي معها يستحيل عمل غربلة تصل إلى حد الكمال . ولذا ينبغي تمييز الاختلافات الوراثية عن البيئية في عملية التقييم ، حيث أن التفاعل بين تحمل الملوحة والعوامل البيئية يقلل من فعالية عملية الانتخاب لتحمل الملوحة. ولذا تتضح أهمية تحديد وفصل التأثيرات البيئية العشوائية عن التأثيرات الوراثية بما يسمح بتطوير أصناف متحملة للملوحة.

ويعتمد نجاح برنامج التربية على التقييم السليم لتحمل الملوحة لمختلف السلالات . ويتطلب ذلك إتباع التكنيك المناسب تحت مستويات مناسبة ومضبوطة من الملوحة.

ويكون من الأهمية تعريض مختلف النباتات أو السلالات لمستويات متماثلة ومضبوطة من الملوحة . ونظراً للتباين في ظروف الملوحة تحت الظروف الحقلية ، فيكون من المرغوب فيه أن يتم التقييم تحت ظروف بيئات ملحية محكمة حيث تتبع بعض طرق التقييم التي يمكن سردها على النحو التالي:

طرق التقييم

1- إستخدام القطع التجريبية الدقيقة (اليسوميتر) Lysimeter micrplots

حيث يتم تصميم قطع تجريبية صغيرة بأحجام معينة لإحداث تجانس في مستوى الملوحة . وتستخدم اليسوميترات في برامج غربلة وتقييم السلالات لتحمل الملوحة ، ويستخدم بعضها بأحجام $6 \times 3 \times 1$ م وتجرب عدة مستويات من الملوحة في مكررات ، حيث أمكن إستخدام هذا التكنيك في معهد CSSRI بالهند وعديد من المحطات البحثية في برامج تقييم جيرمبلازم المحاصيل لتحمل الملوحة (عن : Singh , 2001) .

وقد إستخدمت أحواض اليسوميتر بمعهد البحوث والتدريب في الأرز بسخا - كفر الشيخ ، حيث قام شحاتة (2004) بتقييم خمسة تراكيب وراثية من الأرز لتحمل الملوحة بنظام السلالة \times الكشف ، وإستخدام إثنين من الأصناف هما جيزه 177 (غير المتحمل للملوحة والجفاف) وجيزه 178 (متحمل للملوحة) وثلاث كشافات هي IET (مقاوم للجفاف)، IR 47686-6-2-1 (متوسط التحمل للملوحة والجفاف) و IRAT III (متحمل للملوحة) و 6 هجن ناتجة عنها ، تحت ظروف الملوحة والظروف العادية لدراسة الفعل الجيني المتحكم في تحمل الملوحة والصفات المحصولية .

2- استخدام البيوت المحمية Greenhouses

يفيد استخدام البيوت المحمية في عملية تقييم التراكيب الوراثية لتحمل الملوحة ، ويسمح هذا النظام بالتحكم في مستوى الملوحة والعوامل البيئية الأخرى الكبرى . حيث تزرع النباتات في حاويات Containers أو صناديق Boxes في بيئة ملحية ويتم ضبط تركيز الأملاح لتحسين كفاءة عملية الانتخاب، ويختلف هذا التركيز تبعاً لحساسية الأنواع تحت التقييم والذي يتباين مع معظم نباتات المحاصيل غير الملحية من 50 mM في الأرز إلى 300 mM كلوريد صوديوم في الشعير . ويجرى تقييم الآباء والهجن تحت مدي من مستويات الملوحة المتدرجة وتحديد التركيز المرغوب في عملية الانتخاب. ويمكن استخدام طرق مختلفة لدراسة الإنبات وصفات البادرات في التراكيب الوراثية تحت هذه الظروف على النحو التالي :

أولاً - الإنبات

تعتبر مرحلة الإنبات أول مرحلة ممكنة للانتخاب وتوجد عدد من الطرق لتقدير الإنبات تحت ظروف الإجهاد الملحي منها أوراق الترشيح ، آجار - المضاد الحيوي ، الأصص المملوء بالتربة ، الأصص المملوء بالرمل والحصى ومزارع المحاليل المغذية ، وغرف النمو .

أ- أوراق الترشيح Filter papers

تعتبر من الطرق البسيطة في تقدير الإنبات تحت ظروف الإجهاد ، وتتم ب زراعة بذور السلالات في أوراق ترشيح Blotters تبلل بمحلول الملح المناسب (عادة ملح كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم) ، وتوضع في أوعية أو صناديق . ويؤخذ على هذه الطريقة ، التباين في البيئة الدقيقة في داخل أو

بين الأوعية نتيجة البخر والتكثيف وتركيز الأملاح ، الأمر الذي يؤدي إلى تباين تعرض البذور لإجهاد الملح ، إضافة إلى الإصابات الفطرية للبذور مع طول فترة التعريض.

ب- مسطح الآجار - المضاد الحيوي Antibiotic – agar plate

اقترح Carlson ومساعدوه (1983) إستبدال أوراق الترشيح المبللة بطريقة بيئة آجار - مضاد حيوي ملحية Salinized antibiotic agar ، تحتوى على مبيد فطري مناسب لمنع إصابة البذور بفطريات العفن . وتوضع البذور على البيئة المحتوية على التركيز المطلوب من المحلول الملحي ، ويعتبر هذا الاتجاه أكثر ملاءمة مقارنة باستعمال أوراق الترشيح .

فعند تقييم سلالات البرسيم الحجازي والانتخاب لتحمل الملوحة باستخدام أوراق الترشيح المبللة Moist – paper القياسية ومقارنتها بطريقة الآجار ، أدى الانتخاب بطريقة الآجار إلى زيادة قدرها 3.75 مرة في الإنبات عن طريقة أوراق الترشيح .

وقد استخدمت هذه التقنية في التقييم السريع وتقدير الأساس الفسيولوجي والنشاط الانزيمي المرتبط بتحمل الملوحة في عدد كبير من جيرمبلازم الحمص حيث أجرى Singh ومعاونوه (2003e) تعقيم سطحي للبذور ثم عرضت السبدرات عمر 8 أيام لمستويات مختلفة من محلول ملحي تركيبة كلوريد صوديوم : كلوريد كالسيوم : كبريتات صوديوم بنسبة 7 : 2 : 1 وضبط درجة التوصيل الكهربائي لمستويات الملوحة بجهاز Conductivity meter وتجريب مستويات صفر (كنترول) ، 4 و 8 ديسي متر/م.

ج- الأصص المملوءة بترربة ملحية Pots filled with saline soil

يجرى تقييم سلالات المحاصيل في تجارب الأصص تحت ظروف الصوبة . والمتبع في البداية إجراء عملية غسيل للتربة ثم تجريب مستويات الملوحة . وتعرض النباتات تحت هذه الظروف إلى تباين وتغير في حالة الملوحة بين الأصص مع مرور الوقت ، نتيجة إختلاف معدل البخر نتج الناتج عن إختلاف حجم عرش النبات وذلك بالرغم من تماثل محتوى الاصص من الملح في البداية.

وقد ساعدت تجارب الاصص في تقييم مجموعة من جيرمبلازم قمح الخبز إشمئت على ثلاثة أصناف أمريكية وثلاثة أصناف مكسيكية وأربعة أصناف مصرية في أصص 20×19 سم ملئت بـ 8 كجم تربة كلسية Calcareous من وادي سدر مخلوطة بتربة طينية بنسبة (1 : 1) واستخدمت مستويات ملوحة ماء ري (ماء الصنبور ، 4000 و 8000 جزء في المليون)، حيث قام سلام وعافية (1998) بالتفريق بين الأصناف من خلال دراسة المكونات الكيميائية ودليل الحساسية للملوحة والمحصول ومكوناته .

د- الأصص المملوء بالرمل والزلط Pots filled with sand and gravel

وفي هذه الطريقة تروي الأصص المملوءة بالرمل والزلط بمياه مالحة. وتعتبر هذه الطريقة مفيدة إلى حد كبير بشرط ضبط وإنتظام عملية الري ويمكن ضبط عمليتي الري والصرف أئوماتيكياً.

وقد استخدمت الاصص المملوءة بالرمل تحت ظروف البيوت المحمية في تقييم صنفى الذرة الرفيعة الكينيين Serena , Seredo تحت تركيزات من

كلوريد الصوديوم في محلول مغذي كامل بمستويات ملوحة صفر (كنترول) ، 50 ، 100 ، 150 ، 250 mM كلوريد صوديوم . وإستهدفت الدراسة تبيان إستجابة النمو والعلاقات المائية وتراكم الأيونات لملوحة كلوريد الصوديوم حيث لاحظ **Netondo وآخرون (2004a)** حدوث نقص معنوي في معدلات النمو النسبي للسيقان والوزن الجاف للسيقان ومساحة الأوراق والأنصال مع التركيز الأعلى من الملوحة . كما تأثر معنوياً الجهد المائي للورقة والجهد الاسموزي وجهد الضغط للورقة ومحتوى الماء النسبي مع زيادة الملوحة في الصنفين غير أن نسبة النقص كانت أعلى في بعض الحالات في الصنف *Serena* مقارنة بالصنف *Seredo*.

هـ- التقييم في المزارع الصناعية (المحاليل المغذية - الملحية)

Evaluation in saline hydroponic culture tanks

تعتبر الزراعة في بيئات المحاليل المغذية - الملحية - الهوائية من أفضل الأنظمة للتحكم في الإجهاد الملحي . ويعتمد الأساس في هذا النظام على الإمداد المتوازن بالعناصر الغذائية والتهوية المناسبة والتحكم في تركيز المحلول الملحي ودرجة حموضة (pH) الوسط ، وفي هذا النظام يتم ملئ خزانات بالمحلول الملحي تحت ظروف الصوبة ، ويغطي الخزان بشبكة من البوليسترين وتغطي الشبكة بطبقة من القماش الجبني ، يُوضع عليها البذور وتغطي بطبقة أخرى من القماش الجبني ويتم رفع مستوى المحلول الملحي إلى الدرجة الكافية لترطيب القماش ويشبع المحلول الملحي بالهواء.

وقد أمكن تطبيق نظام الزراعة في الهيدروبونات في الصوبة بجامعة كاليفورنيا والذي يسمح بتقييم الإنبات ونمو البادرات . ويشتمل النظام على 450 خزان Tank مقاس 1 × 4 م ويتسع الخزان لـ 300 قطعة تجريبية 7 × 10 سم

يضم 35-40 بذرة قمح / خزان ، توضع على القماش الجبني وتغطي بطبقة أخرى منه ويرفع مستوى المحلول إلى الدرجة الكافية لبلل القماش الجبني مع رش البذرة بمحلول بيئة الزراعة. ويراعى إستخدام مبيد فطري لحماية البذرة من أمراض عفن البذور وموت البادرات.

ويجرى عد البادرات المتكشفة على أساس صفات تطور المجموع الجذري والخضري في المحلول (Kingsbury and Epstein , 1984) .

ويراعى عند تعريض النباتات للملوحة في الهيدروبونات ، تجنب حدوث صدمة ملحية ، بأن تتم العملية بالتدرج على فترات لعدة أيام حتى الوصول إلى التركيز النهائي مع عدم إضافة الملح عند بداية فترة الظلام حيث تكون النباتات أكثر حساسية للصدمة.

وعند نقل النباتات من النظام الملحي إلى بيئة الزراعة العادية ، ينبغي أيضا تجنب الصدمة بالتدرج التنازلي في تركيز الملح قبل نقل النباتات إلى بيئة الزراعة.

و- التقييم تحت ظروف غرف النمو Evaluation under growth chamber conditions

يفيد توظيف غرف النمو في برامج تقييم السلالات لتحمل الملوحة، ويسمح هذا النظام بتوفير ظروف النمو المناسبة من درجات الحرارة والرطوبة والإضاءة . ولقد أفادت غرف النمو في التفريق بين أصناف الشعير والقمح، فلو حظ زيادة تراكم البيتين في أصناف الشعير -Haru , Gondar 1 , Jeoniju nanijou وصنف القمح Gogatsu ونباتات الراي إستجابة للإجهاد الملحي (Arakawa et al., 1992 and Ishitani et al ., 1993) .

كما ساعدت في تقييم عشرة سلالات من الحمص متباينة في تركيبها الوراثي في تربة تم إمدادها بـ صفر ، 50 ، 75 ، 100 mM كلوريد صوديوم ، لدراسة تأثير الملوحة على صفات النمو وتكوين العقد الجذرية وتثبيت النيتروجين (Singh et al. , 2003 c) .

ثانياً: النمو وقدرة البادرات على الحياة Seedling survival and growth ability

في هذا الاتجاه ، تثبت البذور تحت الظروف العادية (غير الملحية) ثم تعرض البادرات لظروف ملحية عند مرحلة النمو المطلوبة . وتتم عملية التملح في غرف النمو أو في الهيدروبونات بأسلوب التدرج خطوة - خطوة - Step wise manner على فترات لعدة أيام ، كما يتبع أيضاً أسلوب التدرج خطوة - خطوة عند نقل النباتات من تجارب الملوحة . ويجب مراعاة عدم تغيير مستوى الملوحة عند بداية فترة الظلام نظراً لأن البادرات في هذا الوقت تكون أكثر حساسية للصدمة الملحية .

وينبغي أن يكون تركيب المحلول الملحي المستخدم في التقييم مماثلاً لنوعية الأملاح في التربة الهدف . وأغلب الأملاح الشائعة في الأراضي الملحية هي كلوريد الصوديوم وكبريتات الصوديوم وكلوريد البوتاسيوم وكلوريد الماغنسيوم وكلوريد الكالسيوم . غير أنه في معظم طرق الانتخاب يستخدم محلول كلوريد الصوديوم والذي يضاف عادة مع محلول كلوريد الكالسيوم بنسبة

1 : 2

3- إستخدام مزارع الأنسجة Tissue culture

يعتبر فهم مختلف الأسس الكيموحيوية والفسولوجية والنشاط الخلوي في النبات على مستوى البيئات الدقيقة ، من الأمور الهامة في دراسات تحمل الملوحة ، وتفيد مزارع الأنسجة في تحقيق هذا الغرض .
وتتباين النتائج المتحصل عليها من زراعة الأنسجة ، ويتوقف ذلك على التركيب الوراثي وظروف بيئة النمو . فعلى سبيل المثال ، فإن مئات النباتات المستولدة من كالوس البرسيم الحجازي في بيئة كلوريد الصوديوم كانت متقزمة وحساسة للإصابة بالأمراض ، كما أن النباتات المتجددة من الأرز لم تزهر (Yano *et al.* , 1982) . إلا أنه على الجانب الآخر ، ومع تطور تكنيكات زراعة الأنسجة أمكن الحصول على تباينات ثابتة المقاومة للملوحة في محاصيل القمح والشوفان والأرز والكانولا والدخان (Nabors , 1983) .

* نظام الانتخاب باستخدام زراعة الأنسجة In vitro selection

يعتبر نظام الانتخاب للمقاومة للملوحة باستخدام تقنيات زراعة الأنسجة النباتية من النظم السهلة والسريعة .. حيث يجرى زراعة الخلايا إما منفصلة أو في صورة كالوس على بيئة مغذية سائلة أو صلبة تبعاً للجزء النباتي المستخدم . وتحتوى البيئة المغذية على العناصر والمكونات الأساسية التي تحتاجها الخلايا النباتية لاستمرار إنقسامها ونموها ، مع إمداد البيئة المغذية بمستويات متدرجة من ملح كلوريد الصوديوم ، وهو الأكثر شيوعاً في تجارب تقييم الملوحة . حيث يتم تحديد تركيز كلوريد الصوديوم في البيئة المغذية الذي يتوقف عنده نشاط الخلايا المنزرعة والذي يعرف بالتركيز القاتل ، وهو التركيز الكافي لقتل أكثر من 95 % من الخلايا ، حيث يعاد إنتخاب الخلايا المقاومة والقادرة على

الحياة لإنتاج نباتات ثم نباتات متعددة أكثر مقاومة ، حيث أمكن عزل سلالات خلايا مقاومة للملوحة في عديد من المحاصيل الحقلية.

وتعتبر طريقة الانتخاب خطوة - خطوة Step wise selection من أكثر الطرق فعالية في تميز وتكشف وإنتاج نباتات متعددة ، بما يفسر أن الإقلمة التدريجية للأنسجة خطوة - خطوة بزيادة تركيزات كلوريد الصوديوم من أفضل طرق الانتخاب لتحمل الملوحة .

وتجدر الإشارة إلى وجود بعض الدراسات التي أجري فيها إستخدام ماء البحر حيث يعتبر ممثلاً للأملاح المختلفة . ولقد أجرى العديد من الأبحاث لتقييم تحمل الملوحة وإنتاج نباتات باستخدام زراعة الأنسجة في المحاصيل المختلفة، كما أمكن معرفة مواقع الجينات على الكروموسومات التي تتحكم في المقاومة وما يرتبط بها ، مما سهل من عملية التحسين الوراثي لتحمل الملوحة ومن أهم النتائج التي تم التوصل إليها ما يلي :

قام Trivedi ومساعده (1991) بدراسة الاستجابة للإجهاد الملحي على مستوى الكالوس لستة أصناف من القمح متباينة في تحمل الملوحة هي سخا 8 و Plainsman المقاومة للملوحة و Chinese Spring متوسط المقاومة والأصناف Caribo , Regina , Cappelle Desprez الحساسة للملوحة . وتم زراعة هذه الأصناف في بيئة تحتوي على تركيزات صفر ، 0.1 ، 0.2 ، 0.3 مول كلوريد صوديوم . وتم تقدير معدل النمو والمحتوى الكلي من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم . ودلت النتائج أنه عند تركيز 0.1 مول كلوريد صوديوم ، قد حافظت الأصناف المقاومة سخا 8 و Plainsman على معدل نموها ، بينما حدث تثبيط لنمو كالوس الصنف متوسط المقاومة Chinese Spring والأصناف الحساسة Regina , Caribo, Cappelle Desprez .

ولوحظ إنخفاض معدل النتروجين والفوسفور في كالوس الأصناف المقاومة للملوحة سخا 8 و Plainsman ، بينما كان المحتوى مرتفعاً في كالوس الأصناف الحساسة Regina,Caribo , Cappelle Désprez . وقد إزداد محتوى البوتاسيوم في الصنف المقاوم سخا 8 مع زيادة الإجهاد الملحي ، بينما ظل كما هو دون تناقص في باقي الأصناف الأخرى . ويشير ذلك إلى أن قياسات النمو ومحتوي النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم تعتبر من عوامل التكيف لظروف الإجهاد الملحي . كما أن زراعة الكالوس يمكن أن تعطي تراكيب وراثية متحملة يمكن الاعتماد عليها في الاستجابة لظروف الإجهاد الاسموزي الملحي .

هذا وقد درس Diaz – de – Leon وآخرون (1995) إمكانية الغرلة السريعة In vitro rapidly screening لتحمل أقماح الخبز للملوحة ، وذلك بزراعة أجنة 14 صنف و غرلتها لتحمل الملوحة على بيئة MS مضافاً إليها 30 جم سكرور / لتر مع 50 ، 100 ، 150 ملليمول من كلوريد الصوديوم . وقد تم تقييم البادرات بعد 8 أيام من المعاملة لصفات إرتفاع البادرة وطول الجذر وعدد الجذور . وتم تقسيم الأصناف تبعاً لتحملها للملوحة إلى الأقسام الآتية :-

- 1- متحملة Tolerant : تراوحت نسبة التثبيط بين صفر - 35 % مقارنةً بالكنترول.
- 2- متوسطة التحمل Moderately . tolerant : تراوحت نسبة التثبيط من 36-68 % مقارنةً بالكنترول.
- 3- حساسة Sensitive : تراوحت نسبة التثبيط فيها بين 69-100 % مقارنةً بالكنترول

وعن طريق قياس إرتفاع البادرة وصفات الجذر ، وجد أن الصنفين Kharchia , Shorawaki كانا أكثر تحملاً للملوحة حتى تركيز 150. ملليمول كلوريد الصوديوم ، ولم يؤثر كلوريد الصوديوم معنوياً على عدد الجذور . ولما كان البرسيم الحجازي من المحاصيل المتحملة نسبياً للملوحة ونقص الماء وأن نشاط إنزيمي acid phosphatase و Phytase يرتبط مع تحمل الأصناف للملوحة ، فقد تم زراعة كالوس صنفين البرسيم الحجازي Yazdi , Hamedani على بيئة MS تحتوى على صفر ، 2 ، 4 ، 6 ، 8 و 10% ما نيتول ، وإضافة صفر ، 0.2 ، 0.4 ، 0.6 ، 0.8 و 1 % كلوريد صوديوم ، حيث لوحظ إزداد نشاط إنزيم الفوسفاتيز الحامضى مع زيادة الإجهاد الملحي في الصنفين ، وقد إزداد نشاط الانزيم بدرجة ملحوظة في الصنف Yazdi ، مقارنة بالصنف (Ehsanpour and Hamedani , 2003) .

وفي زهرة الشمس ، استخدم تكنيك زراعة منفصلات الجذور ، السويقة الجنينية. السفلي والعلوي والأوراق الفلقية لبادرات أربعة أصناف عمر 7 أيام تحت مستويات ملوحة (صفر ، 80 ، 160 ، 240 ، 320 mM من محلول كلوريد الصوديوم) في قياس تحمل الملوحة من خلال تقدير محتوى أيونات Na^+ ، K^+ ، Cl^- ، Na^+ / K^+ ، حيث أظهرت النتائج تميز الصنف PAC-36 بقدرة عالية على إنتاج أعلى معدل نمو سريع ومبكر على مستوى الكالوس والذي يعتبر مؤشراً لقدرة الصنف على تحمل الملوحة (Madhulety and Jyotsna , 2003) .

وتستخدم زراعة البروتوبلاست في دراسة الإجهادات البيئية المختلفة حيث تتوقف حيوية البروتوبلاست على حيوية التركيب الوراثي . فعند دراسة

مدي إستجابة البروتوبلاست المفصول من الأوراق الصغيرة لأصناف القمح جيزه 155 ، جيزه 157 ، سخا 8 وسخا 92 تحت مستويات ملوحة مختلفة (صفر ، 2000 ، 4000 ، 6000 ، 8000 ، 10000 جزء في المليون من كلوريد الصوديوم) . دلت النتائج على تفوق الصنف سخا 92 عن باقي الأصناف تحت الدراسة في حيوية البروتوبلاست مع زيادة تركيز الملوحة ، حيث كان الأكثر تحملاً عند المستويات العالية من الملوحة ، في حين كان الصنف جيزه 155 الأقل في تحمل الملوحة خاصة عند التركيزات العالية. وأظهرت الدراسة أن إختلاف حيوية البروتوبلاست بين الأصناف الأربعة تحت ظروف الإجهاد الملحي ربما يكون ناتجاً عن تباين التعبير الجيني تحت ظروف الملوحة (Abdrabo and Reda , 1994).

4- التقييم تحت الظروف الحقلية Evaluation under field conditions

قد يتباين مستوى ملوحة التربة تحت ظروف الحقل الواحد من مستوى منخفض إلى مستوى عالي يصل إلى 50 ديسيمتر/ م . وهذا الاختلاف قد يكون أفقياً والذي يمكن ملاحظته بمجرد النظر إلى الحقل ، أو قد يكون رأسياً داخل قطاع الأرض ويصعب معرفته إلا بالتحليلات الكيماوية بأخذ عينات على أعماق مختلفة من سطح التربة ، كما تؤثر الظروف البيئية كالحرارة والرطوبة على معدل البخر نتح وحركة الأيونات ، الأمر الذي يجعل من تقييم التراكم الوراثة لتحمل الملوحة أمراً صعباً.

وتستطيع جذور النباتات أن تتجنب المساحات المالحة وتحصل على الماء والعناصر الغذائية من المساحات الأقل ملوحة . ويعتبر مظهر النبات

وحالة النمو تحت هذه الظروف دليلاً على الهروب وليس المقاومة اعتماداً على انتشار المجموع الجذري في المساحات غير الملحية من قطاع التربة. ويعتبر اختبار مواد التربة عند مستويات ملوحة تربة وماء ري مختلفة من الطرق التي تبدو ملائمة لعملية التقييم ، ويفيد إدخال معاملة كنترول في تجارب تقييم المحصول Potential yield ، ويسمح ذلك بممارسة عملية الانتخاب في مواد التربة خلال الأجيال الانعزالية . وتجدر الإشارة إلى ضرورة إجراء عملية الغربلة للمواد الوراثة تحت ظروف من جهد البخر نتح المعتدل مع إختيار الموقع والموسم المناسب حتى يكون اختبار مواد التربة طبقاً لبيئتها الحقيقية.

ولما كانت مشكلة الملوحة ، تعزي إلى وجود نوع واحد أو عديد (توليفة) من الأملاح مثل كلوريد الصوديوم ، كلوريد الكالسيوم ، كلوريد الماغنسيوم ، كلوريد البوتاسيوم وكبريتات الصوديوم ، فإنه يجب تحديد نوعية الأملاح السائدة في البيئة الهدف وتركيز محلول الملح المناسب لعمل الانتخاب. وعموماً يمكن تقييم مواد التربة تحت الظروف الحقلية من خلال الطرق الآتية :

4. 1 – الري بمياه مالحة في حقل أرض عادية (غير ملحية)

Nonsaline field with saline irrigation

ويجرى في هذه الحالة تقييم وغربلة مواد التربة في حقول عادية غير ملحية ذات تربة طينية – رملية جيدة الصرف ويتم استخدام ماء ري ذو مستويات ملوحة مضبوطة على سبيل المثال ، 3000 ، 6000 ، 9000 جزء في المليون . ويراعى قبل الزراعة إجراء ريات متكررة لإزالة الأملاح المتراكمة وتثبيت تجانس التربة . ويمكن استخدام هذا الاتجاه في برامج غربلة

وتقييم الآباء والسلالات المنتخبة تحت مستويات ملوحة متعددة ، أو في تقييم الأجيال الانعزالية تحت مستوى ملوحة واحد .

حيث أمكن ممارسة عملية الانتخاب في حشيشة القمح Wheatgrass بالري بماء ملوحته 6000 وتدرج حتى 12000 جزء في المليون ، وأمكن إستبعاد حوالي 50% من العشائر الحساسة والإبقاء على التراكيب الأكثر تحملاً (Dewey , 1962).

4. 2- الري بمياه مالحة في حقل أرض ملحية Saline field with saline irrigation

يمكن تقييم مدى تحمل السلالات والأصناف للملوحة بالزراعة في مواقع معروف مستوى الملوحة بها ، حيث تصمم تجارب حقلية في مكررات ، بعد تجميع عينات من التربة قبيل الزراعة في موقع التجريب على أعماق 20 و 40 سم ، وتحدد درجة التوصيل الكهربائي (EC) على مستخلص التربة المشبع وتحسب كمتوسط بالمليومز / سم عند 25 م للعينة . ويجرى تنفيذ العمل البحثي التجريبي ، بمياه ري ذات تركيزات مضبوطة ومعروفة من الملوحة .

وفي هذا الصدد قام سلام وعافيه (1998) بتصميم تجربة حقلية بمكررات وتقدير ملوحة مستخلص التربة (9 ديسيمتر / م) والري بمياه ذات درجة ملوحة منخفضة (3260 جزء في المليون) وملوحة عالية (7680 جزء في المليون) لتقييم عشر تراكيب وراثية من القمح إستناداً إلى مؤشرات دليل الحساسية للملوحة والمحصول ومكوناته وبعض الخصائص الفسيولوجية مثل محتوى الكلوروفيل وبعض المكونات الكيميائية مثل البرولين والأحماض الأمينية الحرة والبروتين الذائب والحمض النووي دنا و رنا ومحتوي الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم.

كما قام مصطفى (2006) بتقدير ثبات عشر أصناف من القطن المصري تحت ظروف ملوحة التربة السائدة برأس سدر - جنوب سيناء ، بلغت 7.5 ديسيمتر/ م (كمتوسط للموسمين) والري بتركيزات متدرجة من ملوحة ماء الري 2000 ، 4000 ، 6000 و 8000 جزء في المليون ، عن طريق خلط مياه الآباء + مياه الصنبور في خزانات كبيرة وعند الوصول إلى تركيز الملوحة المطلوب والذي يقاس بجهاز EC-meter يتم إجراء عملية الري ، وهكذا يتم ضبط باقي مستويات ملوحة ماء الري . وقد قام الباحث بالتفريق بين الأصناف على أساس قياسات المحصول ومكوناته ودليل الحساسية للملوحة والمكونات الكيميائية مثل البرولين والبوتاسيوم والصوديوم والماغنسيوم.

4.3- التقييم في القطع التجريبية الصغيرة Screening micro plots

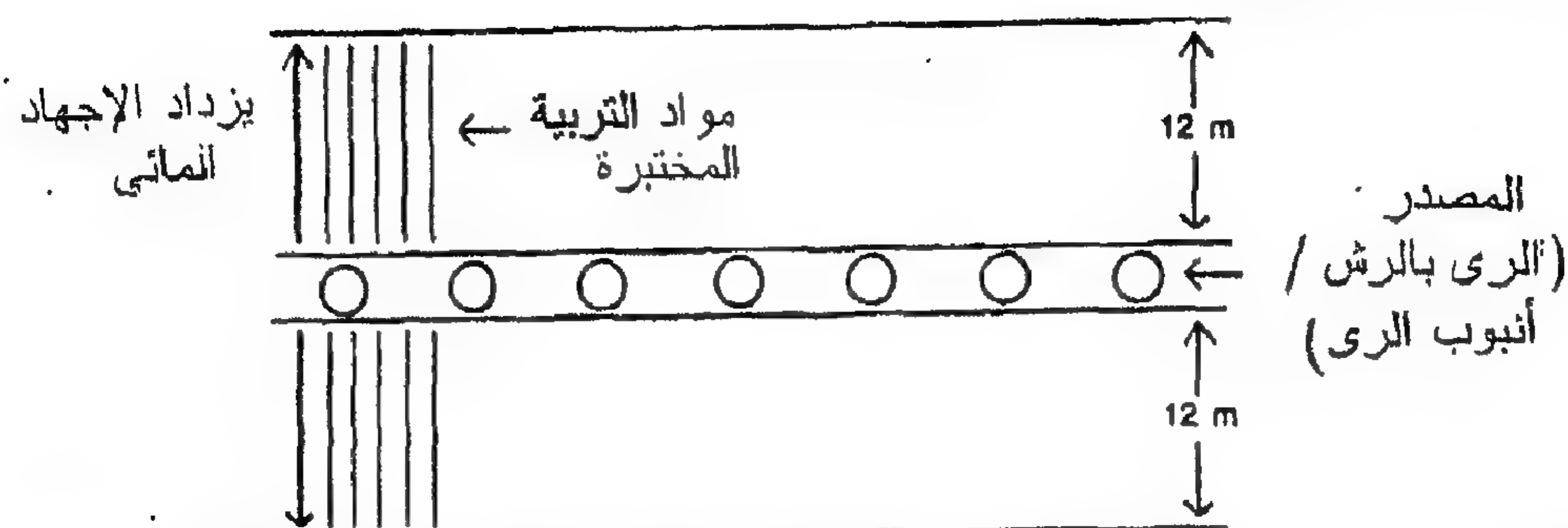
تستخدم القطع التجريبية الصغيرة مع مستويات مختلفة من الملوحة أو الصودية المتحكم فيها في تقييم متوسط أداء الأصناف وإستجابتها للملوحة . وتسمح هذه الطريقة بإمكان المحافظة على مستويات معينة من الملوحة تحاكي ظروف الحقل دون تفاوت في درجة تباين التربة ، ففي قصب السكر تستخدم قطع تجريبية صغيرة تتراوح من سطر فردي إلى 2-3 سطور أو بحجم 2 × 2 متر مربع .

4.4 - إستخدام طريقة تدرج الإجهاد من المصدر

Line – Source irrigation saline gradient

يسمح هذا النظام بتقييم مواد التربية تحت مختلف أنظمة الإجهاد في برامج الانتخاب لتحمل الملوحة كما في الجفاف بإحداث تركيزات متدرجة من

الأملاح (Chauhan , 1984) ، لاسيما في حالة نظام الري بالرش (شكل 1 - 12) ، حيث تزرع مواد التربة متعامدة على خط الري ، وتكرر زراعة التراكيب الوراثية على نفس الجانب أو على الجوانب للمقابلة لخط الري بالرش ، حيث يخضع كل تركيب وراثي لتدرج في الإجهاد الملحي والذي يزداد مع المسافة من خط الرش .



شكل (1 - 12) : تدرج الإجهاد المائي بطريقة الخط - المصدر للانتخاب لمقاومة الإجهاد

مقاييس تحمل الملوحة

Measurements of salinity tolerance

يعتبر توفر تراكيب وراثية تتميز بصفات محصلية جيدة والقدرة على الحياة مع توليفة الصفات الهامة المرتبطة بتحمل الملوحة من الأهمية بمكان في برامج الانتخاب .

فمن الأهمية بمكان دراسة العمليات الفسيولوجية والأبيض المتخصصة والانزيمات المتحكمات في مسارات التخليق الحيوي وتحديد الجينات المسؤولة عنها في علاقتها وتحمل الملوحة ، وهنا تفيد التقنية الحيوية متمثلة في البيولوجيا الجزيئية ومعلومات الجينات في الإسراع للوصول إلى هدف المربي .

فقد أوضحت بعض الدراسات أهمية الانتخاب لمقياس واحد من الانتخاب لمجموعة من الصفات (Ashraf, 1994) ، في حين أن التركيز على الصفات البسيطة سهلة القياس ، المشجعة على تحمل الملوحة خلال مرحلة الإنسيات أو نمو البادرات أو التزهير أو أي مرحلة يبدو عندها النبات حساساً للملوحة يعتبر أكثر فاعلية في عزل السلالات المبشرة المحتملة للملوحة (Cruz et al. , 1990) . ويوجد عدد من النقاط يجب أخذها في الاعتبار في هذا المجال منها :

1- أنه ليس جميع هذه الصفات ترتبط مع تحمل الملوحة في جميع أنواع المحاصيل.

2- تختلف الميكانيكيات الفسيولوجية في عدد من الحالات من صنف إلى آخر في داخل النوع الواحد.

3- أن تقدير هذه المؤشرات يتطلب جهد كبير ، خاصة عند تقديرها على عدد كبير من التراكيب الوراثية تحت ظروف المقارنة وظروف الملوحة ، لتقييم الأهمية النسبية . كما أن المؤشر الجيد للإجهاد ينبغي توقيده خلال دورة حياة النبات .

هذا وقد اقترح العلماء ، أن إنتاج المادة الجافة Biomass production كمقياس توحيدي يعتبر مدلولاً للإجهاد الواقع تحته النبات ، ومن ثم فإن الانتخاب على أساس متوسط سلوك النبات الكلي Whole plant performance يعطي مؤشراً للانتخاب لتحمل الملوحة.

ويوجد عديد من المعايير الانتخابية المستخدمة في تقدير المقاومة للملوحة يمكن سردها في الآتي :

1- قدرة الخلايا على البقاء حية (حيوية الخلايا) Cell survival

تقاس قدرة الخلايا على البقاء حية بغمر قطاعات من الأنسجة النباتية لمدة 24 ساعة في محلول بتركيز ملحي معروف ، ثم تنقل القطاعات إلى محلول جلوكوز قوي Hypertonic ، حيث تعطي نسبة الخلايا التي حدث لها بلزمة مؤشراً لقدرة الخلايا على الحياة . ويعتبر هذا المعيار دليلاً جيداً على مقاومة الملوحة مقارنة بالمعايير التي تعتمد على الوزن الجاف أو المحصول، خاصة عند تجريب مستويات مختلفة من الملوحة.

2- الإنبات Germination

يستخدم إختبار إنبات البذور في وسط ملحي كمعيار فردي للمقاومة للملوحة ، لاسيما في الأنواع التي تتميز بحساسيتها للملوحة في مرحلة الإنبات عن مراحل النمو التالية . ويرتبط تأثير الإجهاد الملحي إلى حد كبير بمرحلة تشرب البذور للماء Seed imbibition.

وجدير بالذكر ، أنه لا توجد مؤشرات عن إرتباط المقاومة عند مرحلة الإنبات مع المقاومة عند المراحل المتأخرة من النمو ، ولذا فإن هذا المقياس قد لا يكون ذو أهمية في الأنواع التي تكون المراحل التالية من النمو أكثر حساسية للإجهاد الملحي عن مرحلة الإنبات.

3- تراكم المادة الجافة Dry matter accumulation

يعتبر الوزن الجاف للبادرات أو النبات مؤشراً جيداً للمقاومة للملوحة ، حيث يعبر عن تكامل التأثيرات المختلفة للاستجابة للملوحة ، إلا أنه يؤخذ عليه النقاط الآتية :

1- يؤدي تقدير المادة الجافة إلى فقد النبات قبل إنتاجه البذرة ، ومن ثم لا يمكن تطبيقه في الأجيال الانعزالية.

2- تؤدي الاختلافات الوراثية في القدرة على النمو إلى التأثير على دلالة هذا المقياس.

3- من المفضل استخدام هذا المقياس تحت ظروف محددة من الإجهاد وعدم الإجهاد لجميع التراكيب الوراثية تحت التقييم ، الأمر الذي يضاعف من الجهد والنفقات .

4- إصفرار وموت الأوراق (الشيخوخة) Leaf colour or death (Senescence)

يؤدي الإجهاد الملحي إلى حث موت الأوراق والدخول في مرحلة الشيخوخة . ويمكن تقدير ذلك بمجرد النظر على مقياس من 1 - 9

حيث 1 : يشير إلى أن الصنف عالي التحمل

9 : يشير إلى أن الصنف عالي الحساسية

على أساس أي من الاتجاهين ، الأول : مساحة الأوراق الكلية الميتة والثاني : عدد الأوراق الميتة .

ويجب أخذ هذا القياس قبل بداية دخول الأوراق مرحلة الشيخوخة الطبيعية . ويعتبر هذا المؤشر من المقاييس الفعالة جداً في عزل النباتات المقاومة من العشائر النباتية.

5- محتوى الأيون بالورقة Leaf ion content

نظراً لأن المقاومة للملوحة تعتمد على إستبعاد الملح فيعطي محتوى الورقة من أيون العنصر مؤشراً عن المقاومة للملوحة . وعلى أية حال ، يعتبر هذا التقدير عادة غير مرغوب لعديد من مربى النباتات.

6- نكرزة الورقة Leaf necrosis

عادة ما يسبب تراكم أيونات معينة مثل الكلوريد Cl^- والصوديوم Na^+ أو البوتاسيوم K^+ حدوث تغيرات لونية ونكرزه بالأوراق . ويستخدم هذا المقياس كمعيار للمقاومة للملوحة إذا ما اعتمد على أساس إستبعاد الأيون .

7- نمو الجذور Root growth

يعبر نمو الجذور الجيد عن المقاومة النسبية للنبات لسمية العناصر وضرر الملوحة . وتوفر حالياً عديد من الطرق لقياس صفات المجموع الجذري تُعين مربى النبات في ربط خصائص الجذور مع تحمل الملوحة .

8- التنظيم الاسموزي Osmoregulation

يقاس التنظيم الاسموزي في صورة تراكم الذائبات العضوية كالبرولين والجليسين بيتين والكربوهيدرات وغيرها كاستجابة للإجهاد الملحي : ويتحدد التنظيم الاسموزي بقدرة الخلايا على الاحتفاظ بحالة الامتلاء تحت ظروف الإجهاد . ويقدر هذا المعيار في شكل ذبول الورقة ، جفافها والنضج المبسر . ويعتبر هذا المعيار مفضلاً ، خاصة في الحالات التي يمثل فيها الضغط الاسموزي أهمية في مقاومة الملوحة.

9- المحصول Yield

يعتبر المحصول الاقتصادي معياراً هاماً للانتخاب ودليلاً على المقاومة للملوحة . حيث يجري تقدير محصول النبات الفردي خلال الأجيال الانعزالية، في حين يعتبر تقدير محصول وحده المساحة أكثر قبولاً في حالة السلالات المنتخبة أو التراكيب الوراثية الناتجة تحت مستويات الملوحة المختلفة.

10- نسبة النقص (RD %) Reduction percentage

$$RD \% = (LS - HS) / LS * 100$$

حيث:

HS : تقدير الصفة عند مستوى الملوحة العالي.

LS : تقدير الصفة عند مستوى الملوحة المنخفض.

ولقد قسم Asch وآخرون (1997) سلالات الأرز تبعاً لتحمل الملوحة

على أساس النقص في المحصول على النحو التالي :

سلالات متحملة : يحدث نقص في المحصول بنسبة تصل إلى 40 %

سلالات متوسطة التحمل : تتراوح نسبة النقص في المحصول بين 41 - 50 %

سلالات متوسطة الحساسية : تتراوح نسبة النقص في المحصول بين 51 - 60 %

سلالات عالية الحساسية : يحدث نقص في المحصول بنسبة < 61 %

11- القيمة النسبية للمحصول (RV %) Relative value

$$RV = (S_2 / S_1) * 100$$

حيث S_1 ، S_2 : قيمة متوسط الصفة عند المستوى المنخفض والعالي

من الملوحة ، على الترتيب . وتشير التقديرات المرتفعة لهذا المعيار إلى الصفة المرغوبة (Keshta et al. , 1999) .

12- دليل الحساسية للملوحة (S I) Salinity sensitivity index

يعتبر أحد الدلائل الانتخابية المستخدمة في برامج التربية لتحمل الملوحة، فهو مؤشر لتحمل الملوحة على أساس تقديرات النقص في المحصول تحت ظروف الإجهاد مقارنةً بالظروف المثلى

$$SI = (1 - Y_s / Y_c) / S$$

حيث :

Y_s : متوسط محصول حبوب الصنف تحت ظروف الإجهاد الملحي.

Y_c : متوسط محصول حبوب نفس الصنف تحت الظروف العادية (المقارنة).

S : شدة الملوحة.

حيث $S = 1 -$ (المتوسط العام لمحصول جميع الأصناف تحت ظروف الملوحة / المتوسط العام لمحصول جميع الأصناف تحت الظروف العادية).

وتدل القيمة المنخفضة لدليل الحساسية للملوحة ($1 >$) على انخفاض حساسية الصنف لظروف الإجهاد الملحي (الصنف أكثر تحملاً) . وبناءً على هذا الدليل ، يمكن تصنيف الأصناف إلى متحمل أو حساس للملوحة (Fischer and Wood , 1979).

ويمكن القول بأنه لا يوجد معيار فردي للمقاومة للملوحة ، يمكن الاعتماد عليه أثناء عملية الانتخاب يؤدي إلى تقييم الناتج الاقتصادي . وعليه فمن المرغوب فيه ، أن يشمل التقييم أكثر من معيار في برنامج الانتخاب ، كما يجب أخذ المحصول تحت ظروف الإجهاد كمكون هام ومعيار دقيق لتحمل الملوحة.

القسم الثاني

وراثة وتربية المحاصيل
لتحمل نقص العناصر الغذائية

*Genetics and Breeding Crops
for Nutrient Elements
Deficiency Tolerance*

القسم الثاني

وراثة وتربية المحاصيل لتحمل نقص العناصر الغذائية Genetics and Breeding Crops for Nutrient Elements Deficiency Tolerance

مقدمة

يمثل إجهاد نقص العناصر الغذائية أحد المشاكل الرئيسية التي تؤثر على نمو وإنتاجية المحاصيل ، وأحد محددات الأمن الغذائي ، حيث تشير التقارير إلى تزايد مساحة الأراضي المتأثرة بنقص العناصر الغذائية نتيجة التغيرات المناخية وإنخفاض محتوى الأرض من المادة العضوية ومن ثم نقص خصوبة التربة والقدرة على الاحتفاظ بالماء . فيعاني ربع أراضي العالم تقريباً من إجهاد العناصر الغذائية . ويختلف إجهاد العناصر من أرض إلى أخرى ومن منطقة إلى أخرى . هذا وقد بلغت قيمة الفاقد في الإنتاج الكلي في آسيا نتيجة نقص عنصر الحديد حوالي 7.6 مليون دولار (عن : Chopra, 2001) ، وبلغت نسبة النقص في الإنتاج الكلي ومحصول قصب السكر في شبه القارة الهندية ، نتيجة نقص العناصر الغذائية حوالي 25-45 % ، وتراوحت نسبة النقص في محتوى السكر من 8-16 % (Dwivedi, 1995).

ويؤثر نقص العناصر الغذائية في بيئة النبات على مدي توازن الوجبة الغذائية التي يتناولها الإنسان ، لاسيما في الدول الفقيرة مؤدياً إلى مشاكل سوء التغذية ، حيث يعاني حوالي 3000 مليون نسمة من نقص الحديد في العالم (Underwood , 2000) ، ويرتبط نقص الحديد بنقص الزنك ومن ثم نقص القيمة الغذائية للمنتج النباتي (Welch , 2001).

ويوجد في الوقت الراهن العديد من الجهود البحثية التي تهدف إلى زراعة الأراضي الهامشية ، حيث يمكن أن نتوقع في المستقبل غير البعيد ، إمكانية تحقيق ربحية من زراعة مساحات من الأراضي في المناطق الجافة وشبه الجافة الأقل خصوبة.

ويرتكز المربي في توجهاته عند زراعة الأراضي التي تتسم بنقص العناصر الغذائية على التركيب الوراثي المحسن وتحسين العمليات الزراعية والاستخدام الجيد للأسمدة.

ومن حسن الحظ ، تتوفر قدرات وراثية تساعد المربي على تحسين المحصول من خلال زيادة كفاءة استخدام الماء والاستفادة من الأسمدة وتحمل ظروف البيئة القاسية.

ويمثل إضافة العناصر الغذائية في صورة سمادية أحد الحلول لهذه المشكلة غير أنه في الدول النامية ، يعتبر التسميد عملية مكلفة ، كما تبدو عملية إستيراد ونقل الأسمدة أكثر صعوبة ، هذا إلى جانب صعوبة تحقيق تغيير جوهري في مستوى خصوبة التربة المنخفض .

ويعتبر تربية أصناف من المحاصيل أكثر كفاءة في الاستفادة من العناصر المتاحة وأكثر تحملاً للجفاف من الأهداف الهامة لمربي النبات في التغلب على هذه المشاكل . ويعتبر توفر المعلومات عن مجموعة الصفات المرتبطة بالقدرة على إمتصاص والاستفادة من العناصر الغذائية سواء المتاحة في التربة أو المضافة خارجياً وتحسين العمليات الزراعية مطلب ضروري في هذا المجال . حيث يمكن نقل هذه الصفات من السلالات البرية أو عشائر المحاصيل التي تعرضت لعوامل الانتخاب الطبيعي والتي غالباً ما تكون منخفضة في قدراتها المحصولية إلى أصناف المحاصيل المنزرعة.

ويعتبر التعاون بين مربي النبات وعلماء الوراثة والفسولوجي والكيمياء الحيوية وتغذية النبات ومنتجي الأسمدة والاستفادة ببرامج الكمبيوتر من الأمور الهامة في هذا المضمار. فعند تكامل هذه المعلومات يمكن الوصول إلى الهدف المنشود.

الباب الأول

العناصر الغذائية

Nutrient Elements

يبلغ عدد العناصر الغذائية الضرورية للنبات ستة عشر عنصراً ، تشمل العناصر الكبرى التي يحتاج إليها النبات بكميات كبيرة والعناصر الصغرى التي يحتاج إليها النبات بكميات قليلة.

ولقد قُسمت العناصر طبقاً لسلوكها الكيموحيوي ووظائفها الفسيولوجية

في النبات إلى المجاميع الأربعة الآتية (Mengel and Kirbky , 1982) :

1- المجموعة الأولى : عناصر بنائية وهي تعتبر مكون رئيسي في المواد العضوية ، وتدخل في العمليات الانزيمية وتفاعلات الأكسدة والاختزال ، مثل الكربون والهيدروجين والأكسجين والنيتروجين والكبريت . وتكون عناصر الكربون والهيدروجين والأكسجين 95% من الوزن الجاف للنبات ويحصل عليها من الهواء والماء .

2- المجموعة الثانية : عناصر تدخل في تفاعلات إنتقال الطاقة وتفاعلات الاستر مع مجاميع الكحول الأصلية في النبات مثل الفوسفور والبورون .

3- المجموعة الثالثة : وتلعب دوراً هاماً في الاتزان الاسموزي والأیونی بالإضافة إلى وظائف أكثر تخصصية في تكوين وتنشيط الانزيمات ، مثل البوتاسيوم والكالسيوم والمنجنيز و الماغنسيوم والكلورين والصوديوم والكوبلت .

4- المجموعة الرابعة : عناصر تدخل في جزيئات كبيرة أساسها البروتينات والانزيمات وتوجد كمخلفات تركيبية ، وتعمل على إنتقال الالكترون عن طريق تغير التكافؤ ، مثل الحديد والنحاس والزنك والموليبدنم .

أولاً: العناصر الكبرى

Macroelements

تشمل العناصر المغذية الكبرى ، النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم . الكبريت والكالسيوم والماغنسيوم وهي عناصر يحتاجها النبات بكميات كبيرة ، كما أنها ضرورية لحياة النبات ، حيث تسهم مباشرة في تغذية النبات ولا يستطيع النبات تكملة دورة حياته إلا في وجود العنصر ولا يستطيع عنصر آخر أن يحمل محله أو يقوم بنفس وظيفته.

النيتروجين Nitrogen

يعتبر النيتروجين (N) أحد المغذيات الكبرى الضرورية للنبات ، ويحتاجه النبات بكميات كبيرة . وهو من أكثر العناصر المغذية الشائع نقصها في الأراضي والتي يستوجب إضافتها لاسيما في المحاصيل غير البقولية . ويعتبر الهواء الجوي المصدر الأصلي للنيتروجين إذ يمثل حوالي 79% من حجم الهواء الجوي ولا تحتوي الصخور الأصلية ومعادن التربة على هذا العنصر . وتتراوح نسبته في النباتات المختلفة من 1 - 5 % من المادة الجافة ، يمتصه النبات عن طريق الجذور والأوراق في عدة صور منها أيون الأمونيوم NH_4^+ أو أيون النترات NO_3^- . وتحتوي المادة العضوية على 5 % نيتروجين . يوضح جدول (2 - 1) الحدود الحرجة للنيتروجين والتي تحدد مدى خصوبة التربة بعنصر النيتروجين.

جدول (1-2) : الحدود الحرجة للنيتروجين بالتربة بطريقة براى
بالجزء فى المليون

محتوى النيتروجين بالتربة	حالة التربة
صفر - 40	فقيرة
41-80	متوسطة (مدى طبيعى)
81-120	غنية
< 120	غنية جداً

(عن : هميسه وآخرون ، 1998)

وظائف العنصر :

1- يدخل في تركيب الأحماض الأمينية ومن ثم البروتين وهو عصب البروتوبلازم المكون الأساسي للخلية.

2- يدخل في تكوين الانزيمات والفيتامينات والأحماض النووية دنا و رنا والكلوروفيل.

3- يزيد من نمو وتطور الأنسجة النباتية.

أعراض نقص النيتروجين على النبات.

يؤدي نقص النيتروجين إلى ضعف نمو النبات وتصبح النباتات صغيرة الحجم متقزمة ، ويحدث إصفرار للأوراق السفلي المسنة نتيجة فقد النيتروجين البروتيني من كلوروبلاست الأوراق وينتشر العرض إلى أن يغطي النبات كله ويتحول إلى اللون البني وتجف الأوراق ويموت النبات .

ويؤدي نقص النيتروجين إلى النضج السريع مما يؤثر على عملية التزهير ومن ثم نقص تراكم المادة الجافة وإنخفاض المحصول ونقص محتوى النبات من البروتين . ونظرا لأن النيتروجين عنصر متحرك Mobil داخل النبات، فإن الأوراق السفلي تعاني من النقص عكس الكالسيوم والحديد والكبريت

وهي عناصر غير متحركة Inmobil ، ولذا تظهر أعراض نقصها على الأوراق العليا ، بينما في النيتروجين تظهر على الأوراق السفلي .
الملاحظ أن كفاءة استخدام النيتروجين بنباتات المحاصيل منخفضة .. قد تصل إلى 50% من الكمية المضافة إلى الحقل ، حيث أن الزيادة في إضافات الأزوت لا يستفيد منها النبات وقد تتعرض للغسيل مسببة تلوث البيئة .
وعموماً تتوقف كفاءة أصناف المحاصيل في الاستفادة من النيتروجين على ما يلي :

- أ- معدل إمتصاص النترات والأمونيا.
 - ب- مستوى ونشاط إنزيم Nitrate reductase .
 - ج- حجم مستودع تخزين النترات.
 - د- قدرة العنصر على التحرك والانتقال إلى التراكيب الثمرية.
- وتعتبر جميع تلك العمليات تحت نظام التحكم الوراثي المنفصل.

الفوسفور Phosphorus

يعتبر الفوسفور (P) من العناصر المغذية الكبرى مثل النيتروجين ، وثاني عنصر سمادي من حيث الأهمية . وتتباين نسبة الفوسفور في معظم الأراضي من 0.02 إلى 0.10% ، وتمتصه النباتات على صورة أيونات H_2PO_4^- أو HPO_4^{2-} والموجودة في محلول التربة بتركيز منخفض يتراوح من 0.003 إلى 0.5 مجم / لتر . وتعتبر الفوسفات الأحادية H_2PO_4^- هي الصورة الأيونية المفضلة للامتصاص مقارنة بالصورة الثنائية HPO_4^{2-} . ويوضح جدول (2 - 2) المستويات الحرجة للفوسفور في الأراضي المصرية .

وعلى الرغم من وجود الفوسفور في أنسجة النبات بكميات منخفضة (0.1 إلى 0.5 %) أقل في ذلك من النيتروجين والبوتاسيوم إلا أنه يلعب دوراً رئيسياً في العمليات الحيوية المختلفة التي تدور في فلك النبات.

جدول (2-2) : المستويات الحرجة للفوسفور الصالح لبعض المحاصيل بطريقة ولسن بالجزء في المليون

مجموعات المحاصيل	مستوي الفوسفور الصالح (منخفض)	مستوي الفوسفور الصالح (متوسط)	مستوي الفوسفور الصالح (مرتفع)
المحاصيل ذات الاحتياجات المنخفضة وتشمل: محاصيل المراعي ، الحبوب الصغيرة ، فول الصويا والذرة .	> 4	من 5-7	< 8
المحاصيل ذات الاحتياجات المتوسطة وتشمل : القطن ، البرسيم الحجازي والطماطم.	> 7	من 8-13	< 14
المحاصيل ذات الاحتياجات المرتفعة وتشمل : بنجر السكر ، البطاطس والبصل.	> 11	من 11-20	< 21

(عن : أبو الروس وآخرون، 1992)

وظائف الفوسفور :

- 1- يدخل الفوسفور في تركيب النيوكليوتيدات والأحماض النووية دنا و رنا
- 2- يعمل كمساعد للإنزيمات ويدخل في تركيب البروتينات الفوسفورية والفوسفوليبيدات وفوسفات السكر وتركيب الفيتين.

- 3- يدخل في تكوين مركبات الطاقة مثل الاديونوزين أحادي الفوسفات AMP والاديونوزين ثنائي الفوسفات ADP والاديونوزين ثلاثي الفوسفات ATP.
- 4- يلعب دوراً هاماً في تخزين وإنتقال الطاقة وإنقسام الخلايا وتكوين البذور ونقل الصفات الوراثية وتضاعف نمو الجذور.

أعراض نقص الفوسفور :

يتحرك الفوسفور بسهولة داخل النبات ، ولذا فإن أعراض نقصه تظهر أولاً على الأوراق المسنة وذلك لانتقاله منها إلى الأوراق الحديثة لسد احتياجاتها. ويظهر المجموع الخضري بلون أخضر داكن يتحول إلى الأحمر . وقد تتحول الأوراق السفلية إلى اللون الأخضر وتجف ثم تتحول إلى اللون البني المخضر ، وتبدو السيقان رفيعة ويقل حجم المجموع الجذري ويقل النمو .

البوتاسيوم Potassium

يعتبر البوتاسيوم (K) ثالث عنصر ضروري يحتاجه النبات بكمية كبيرة قد تساوي النيتروجين ، ويمتصه النبات على صورة أيون البوتاسيوم K^+ الإحادي . ويوجد البوتاسيوم في الأراضى بكمية كبيرة نسبياً تتراوح بين 0.5 إلى 2.5 % ، وهى نسبة كبيرة إذا ما قورنت بعناصر أخرى مثل للفوسفور الذي يصل تركيزه في الأراضى إلى 0.11 % . ومع هذه النسبة الكبيرة للبوتاسيوم فمإن كثير من النباتات تستجيب لإضافات من التسميد البوتاسي ، وسبب ذلك عدم استطاعة النباتات إمتصاصه نتيجة وجوده في صورة غير ميسرة للنبات. ويوضح جدول (2-3) المستويات الحرجة للبوتاسيوم في التربة. ويعتبر البوتاسيوم من العناصر سريعة الحركة داخل النبات حيث ينتقل من الأجزاء المسنة إلى النموات الحديثة في الجذور والسيقان ولذلك تظهر أعراض النقص على الأوراق السفلي من النبات . وعموما فإن البوتاسيوم يتراكم

داخل النبات خلال مراحل النمو الأولى ثم ينتقل بعد ذلك إلى داخل أجزاء النبات المختلفة .

جدول (2 - 3) : المستويات الحرجة للبوتاسيوم في التربة بطريقة براي

تركيز العنصر (مجم/ كجم تربة)	حالة التربة
صفر - 60	فقيرة جداً
61 - 90	فقيرة
91 - 150	متوسطة
151 - 250	عالية

(عن: Lorenz and Maynard, 1980)

وظائف العنصر :

1- يدخل البوتاسيوم في أيض الكربوهيدرات وانتقاله من مناطق تخليقه إلى الأجزاء المختلفة من النبات وزيادة سمك وقوة السيقان وفي تمثيل النيتروجين وتخليق البروتين.

2- التحكم في تنظيم نشاط مختلف الانزيمات (حوالي 80 إنزيم) والمرتبطة بعملية التمثيل الضوئي وتمثيل البروتين والكربوهيدرات في النبات.

3- يحسن من معدلات نمو الأنسجة المرستيمية.

4- تنظيم فتح وغلق الثغور والضبط الاسموزي والعلاقات المائية ، ويزيد من قدرة النباتات على تحمل ظروف الجفاف.

5- يقوم البوتاسيوم بمعادلة الأحماض العضوية في العمليات الفسيولوجية والتحكم في درجة حموضة pH الخلية ونفاذية الأغشية ويساعد النبات على تحمل ظروف البرودة القاسية ومقاومة الأمراض.

أعراض نقص البوتاسيوم :

- 1- إصفرار حواف الأوراق ثم حدوث إحتراق وتتحول إلى اللون البني ويموت الورقة وتموت .
- 2- بطلء النمو وضعف السيقان ويشاهد الرقاد في محاصيل الحبوب.
- 3- نقص مقاومة النباتات لعدد من الأمراض.
- 4- تتأثر صفات الجودة في محاصيل الخضر وتذبل الثمار ولا يكتمل نضجها.
- 5- نقص تكوين الحبوب في محاصيل الحبوب والقرون في المحاصيل البقولية.

الكبريت Sulphur

يعتبر الكبريت (S) من العناصر الكبرى الثانوية التي يحتاجها النبات بكميات كبيرة نسبياً للنمو الجيد . وتتراوح نسبة الكبريت في القشرة الأرضية بين 0.06 إلى 0.10 % .

ويتراوح المحتوى الكلي من الكبريت في أنسجة النبات بين 0.2 إلى 0.5% كبريت . وتتم عملية معدنة وتيسر الكبريت في صورة صالحة للنبات إذا كانت نسبة الكربون إلى الكبريت في المادة العضوية بالأرض عند أو أقل من 1/200 . ويوضح جدول (2 - 4) حدود النقص والكفاية لعنصر الكبريت في بعض نباتات المحاصيل .

ويمتص النبات الكبريت بواسطة الجذور على صورة كبريتات SO_4^{2-} وبواسطة الأوراق على صورة ثاني أكسيد الكبريت SO_2 .

ويُمتص الكبريت بكميات تقارب الفوسفور ، وتمتصه بعض المحاصيل مثل البرسيم الحجازي والكرنب بكمية كبيرة . وتعتبر محاصيل البرسيم الحجازي والقطن والفول السوداني نباتات كشافة لنقص العنصر .

جدول (2 - 4) : حدود النقص والكفاية لعنصر الكبريت في نباتات المحاصيل .

المحصول	العينة النباتية	النقص	الكفاية
		(جم/ كجم مادة جافة)	
البرسيم الحجازي	قمة النبات النامية عند مرحلة البرعمة (10% تزهير)	2.3-1.5	2.3
القمح	الأنسجة عند مرحلة البلعمة	1.2	1.4
القمح	الأنسجة عند مرحلة البلعمة	1.2	1.4
فول الصويا	الأوراق الثلاثية العليا، كاملة التكوين قبيل عقد القرون	1.4	2.8-2.2
الدخان	الأوراق	1.8- 1.1	2.6 - 1.5
البرسيم الأحمر	قمة النباتات عند مرحلة البرعمة (10% تزهير)	2.0 (حد حرج)	
الريب	النبات	2.1 (حد حرج)	
الفول السوداني	النبات	2.0 (حد حرج)	

(عن : Authority of the Authority of the Atlantic Provinces Agricultural Services
Coordinating Committee , Canada ,1988)

وظائف الكبريت :

- 1- يدخل في تكوين بعض الأحماض الأمينية الهامة المحتوية على الكبريت مثل السستين والسستئين والمثيونين وهي أحماض أمينية أساسية في تركيب البروتين والفيتامين والبيوتين والجلوتاثيون.
- 2- يدخل في تركيب زيوت بعض النباتات التابعة للعائلة الصليبية والنجسية والبقولية مثل فول الصويا والفول السوداني وغيرها.

- يدخل في تركيب بروتين الكلوروبلاست الذي يحتوى على الكلوروفيل.
- يدخل في تركيب بعض الفيتامينات وفي تخليق Co enzym A المسئول عن أكسدة وتخليق الأحماض الدهنية.

أعراض نقص الكبريت :

تتشابه أعراض نقص الكبريت مع أعراض نقص النيتروجين ولكن يختلف عنه ، في أنه عنصر غير متحرك Immobil ، حيث تظهر أعراض نقص الكبريت على الأوراق الحديثة أولاً ، في حين تظهر أعراض نقص النيتروجين على الأوراق المسنة لأنه عنصر متحرك في النبات . وعموماً ، يؤدي نقص الكبريت إلى تأخر نمو النبات وإصفرار الأوراق ويبدو لونها فاتح وتكون غضة ولا تجف بتقدم العمر ، ومن ثم يتأخر النضج ، كما تضعف وتتقزم النباتات . وتعتبر نباتات البرسيم الحجازي والقطن والفول السوداني نباتات كشافة لنقص العنصر .

الكالسيوم Calcium

يعتبر الكالسيوم (Ca) من العناصر الثانوية ، وتحتاجه جميع النباتات بكميات متوسطة ، ويمتص على الهيئة الأيونية Ca^{2+} . ويبلغ محتوى الأراضي من الكالسيوم حوالي 3.5 % وهي كمية كافية لتغذية النبات . ويتراوح محتوى الكالسيوم في النباتات بين 0.2 إلى 1.0 % ويوجد بكميات كبيرة في الأوراق ويترسب في جدر الخلايا على هيئة أكسالات ، ويوجد في العصير الخلوي على صورة أيونية .

وبيعبر الكالسيوم من العناصر ذات الأهمية الخاصة في محاصيل الفول السوداني والبرسيم الحجازي وبنجر السكر والبطاطس .

وظائف العنصر :

- 1- يدخل الكالسيوم في تكوين الصفيحة الوسطي التي تعتبر الأساس في الانقسام الميتوسي للخلية وتكوين خلايا جديدة ، وهذا يفسر توقف النمو في البراعم الطرفية للسيقان والجذور بنقص العنصر.
- 2- المحافظة على الجدر الخلوية وحماية الكروموسومات.
- 3- تكوين وزيادة البروتين في الميتوكوندريا الهامة في عملية التنفس الهوائي وإنطلاق الطاقة اللازمة لامتصاص العناصر المختلفة.
- 4- تنشيط بعض الانزيمات الهامة مثل Kinase , Phospholipase , Adenosine triphosphatase

أعراض نقص الكالسيوم :

- يعتبر الكالسيوم عنصر غير متحرك Inmobil داخل النبات ولذا تظهر أعراض النقص على الأوراق صغيرة العمر وأهم أعراض نقصه ما يلي :
- 1- عدم إنفراج الأوراق الحديثة.
 - 2- تبدو الأوراق الحديثة مشوهة صغيرة ذات لون أخضر داكن غير طبيعي.
 - 3- تجعد والتفاف الأوراق وتبدو الحواف غير منتظمة وتكون الأوراق طرية نظرا لانحلال جدر الخلايا ، ولوحظ في نبات الذرة الشامية تكوّن مادة جيلوتينية على الأوراق الجديدة التي يذهب لونها الأخضر ، مما يجعلها تلتصق ببعضها.
 - 4- وقف نمو البراعم الطرفية ومن ثم توقف النمو تماماً.
 - 5- فشل السيقان والجذور في الاستطالة والنمو.

الماغنسيوم Magnesium

تتباين كمية الماغنسيوم (Mg) في الأرض تبعاً لنوع معدن الطين وكميته في المحلول الأرضي ودرجة حموضة التربة . وتتراوح نسبة الماغنسيوم بين 0.05% في الأراضي الرملية إلى 0.5% في الأراضي الطينية . وتعتبر الصورة الذائبة والقابلة للتبادل ذات صلاحية عالية للنبات . وتكون الأراضي فقيرة في محتواها من الماغنسيوم إذا قلت كمية الماغنسيوم المتبادل عن 3-4 مجم / 100 جم تربة . ويمتص الماغنسيوم على صورة أيون ثنائي Mg^{2+} ، وتتراوح كمية الماغنسيوم الذائب في المحلول الأرضي من 0.2-150 ملليمول . ويوضح جدول (2-5) الحدود الحرجة للماغنسيوم في التربة . ويختلف تركيز الماغنسيوم في المحاصيل بين 0.1 إلى 0.4 % .

جدول (2 - 5) : الحدود الحرجة للماغنسيوم في التربة

بطريقة Mehlich

تركيز الماغنسيوم (مجم/ كجم تربة)	حالة الأرض
صفر - 17	فقيرة جداً
18 - 25	فقيرة
26 - 59	متوسطة
60 - 126	عالية

(عن: Lorenz and Maynard, 1980)

وظائف العنصر :

1- يعتبر الماغنسيوم عنصر متحرك Mobil وهو العنصر المعدني الوحيد الذي يحتل مركز جزئ الكلوروفيل حيث يمثل حوالي 15 إلى 20% من محتوى الماغنسيوم الكلي في النبات (شكل 2-1) والذي يمتص الطاقة

يساعد في التغلب على ظروف الإجهاد المائي وهو ما قرر في الفول السوداني وغيره من المحاصيل.

6 - يلعب دوراً هاماً في تثبيت العقد الجذرية للنيتروجين الجوي .

أعراض نقص الماغنسيوم على النبات :

تبدو أعراض نقص الماغنسيوم مشابهة لأعراض نقص الحديد ، وتظهر على الأوراق المسنة أولاً في صورة إصفرار متداخل مع اللون الأخضر على هيئة شريط ، ثم تجف أنسجة الورقة وتموت ، ويكون لون العروق أخضر وما بين العروق أصفر . كما يؤدي نقص الماغنسيوم إلى ضعف الفروع والنضج المبسر للأوراق وسهولة الإصابة بالأمراض الفطرية.

ثانياً : العناصر الصغرى

Microelements

تعتبر العناصر الصغرى ، أساسية ولازمة فسيولوجياً لنمو النبات مماثلة في أهميتها في تغذية النبات للعناصر الكبرى . وتوجد هذه العناصر في النبات والتربة بكميات صغيرة جداً . وتعاني النباتات النامية في أراضي تتميز بالنقص الشديد في محتوى العناصر الصغرى من نقص في نمو النبات والمحصول مشابهة للمغذيات الكبرى ، إلا أن أعراض النقص تكون أكثر وضوحاً في حالة المغذيات الكبرى .

وتحتاج النباتات إلى العناصر الصغرى بكميات قليلة جداً قد تصل إلى جرامات للفدان وقد يقال عنها عناصر نادرة نظراً لندرة وجودها في الطبيعة، وتشمل عناصر الزنك ، والحديد والمنجنيز والنحاس والبورون والموليبدنم والكلورين والكوبلت والصوديوم والسيليكون.

في أوائل هذا القرن ، لم يكن هناك تفكير في التسميد بالعناصر المغذية الصغرى غير أنه في الأونة الأخيرة زادت التقارير البحثية التي تكشف عن نقصها في مناطق مختلفة من العالم ويرجع أسباب ذلك إلى ما يلي :

- 1- إستهلاك المحاصيل دون إضافة مرتبة لهذه العناصر.
 - 2- زيادة إستهلاك هذه العناصر من التربة بزراعة أصناف عالية الإنتاجية.
 - 3- إستعمال أسمدة نقية من العناصر الكبرى ، الأمر الذي أدى إلى زيادة الكمية المستنزفة من العناصر الصغرى من الأرض.
 - 4- إرتفاع رقم حموضة pH الأراضي المصرية.
 - 5- عدم تعويض التربة عما فقدته من عناصر غذائية لاسيما بعد حجز كميات طمي النيل أمام السد العالي ، بالإضافة إلى إرتفاع منسوب الماء الأرضي في بعض مناطق الجمهورية.
 - 6- تطور وسائل وتقنيات الكشف عن هذه العناصر وتقدير محتواها في التربة وتقدير إحتياج النبات منها بكل دقة.
- وعموماً ، تشترك العناصر الصغرى في خاصية واحدة وهي أن وجودها بكميات صغيرة ضروري جداً لحياة النبات ، غير أنها تصبح سامة جداً إذا توفرت بكميات كبيرة ، ولهذا فإن نطاق التركيز المطلوب من هذه العناصر للنبات ضيق جداً. فمثلا الموليبدنم يمكن إضافته بمعدل $\frac{1}{2}$ إلى 1 أوقية ليصبح نافعا ولكن إضافته بمعدل 3-4 رطل يسبب سمية لأغلب أنواع النباتات فضلا عن تلوث البيئة ، مما يؤثر على صحة الإنسان والحيوان.

الزنك Zink

يمتص الزنك على هيئة كاتيون (Zn^{++}) وأيضا على هيئة مخلبات عضوية. وفي الأراضي القلوية يتم إمتصاصه في صورة كاتيون $(Zn\ OH)^+$.

وتعتبر الصورة الذائبة والمتداولة ذات صلاحية عالية للنبات ويبلغ محتوى الزنك في اليابسة حوالي 80 جزء في المليون .

وتختلف الأراضي في المحتوى الكلي من الزنك إذ يتراوح من 10 إلى 300 جزء في المليون بمتوسط 50 جزء في المليون.

ويعتبر الحد الحرج الذي تظهر عنده أعراض نقص الزنك في معظم الأراضي على كثير من المحاصيل ، أقل من 0.6 جزء في المليون (DTPA- Zn) .

ويتراوح تركيز الزنك داخل النباتات من 25 إلى 150 جزء في المليون، ويتراوح الحد الحرج لنقص الزنك في أوراق الأنواع النباتية بين 15 - 20 جزء في المليون . وتجدر الإشارة إلى أن امتصاص الزنك وتركيزه في أجزاء النبات والبذور يكون منخفض في الأصناف الحساسة عديمة الكفاءة Inefficient مقارنة بالأصناف المتحملة أو ذات الكفاءة Efficient . ويوضح جدول (2 - 6) درجة حساسية المحاصيل المختلفة لنقص الزنك .

جدول (2-6) : حساسية محاصيل الحقل لنقص الزنك

محاصيل عالية الحساسية	محاصيل متوسطة التحمل	محاصيل متحملة
الذرة الشامية ، الذرة السكرية، الأرز ، الكتان ، الخروع، الفاصوليا ، البصل، الموالح ، أشجار الفاكهة المتساقطة ، البيكان والعنب .	القطن ، البرسيم الحجازي ، البرسيم المصري ، بنجر السكر ، الذرة الرفيعة ، القمح، الشعير ، الشوفان ، فول الصويا ، حشيشة السودان، البطاطس والطماطم.	البرسيم الحجازي ، الشعير، القمح ، الأعشاب النجيلية، الراي ، الدخن ، الشوفان، القمح، البسلة ، الأسبرجس والجزر .

بعض المحاصيل وضعت تحت إثنين من الفئات نظراً للتباين في ظروف التربة ، النمو واختلاف استجابة أصناف المحصول تحت الدراسة (عن : Havlin et al. , 1999) .

وظائف الزنك في النبات

- 1- يرتبط الزنك كأي عنصر صغير بنشاط كثير من الانزيمات منها ،
Carbonic anhydrase , Fructose 1.6-bisphosphatase والذي يشجع
على تحلل حمض الكربونيك إلى ثاني أكسيد الكربون والماء .
- 2- يعمل كمنشط لإنزيمات DNA-polymerase, Aldolases, Alkaline
phosphatase , Dehydrogenase, Alcohol dehydrogenase , Lactic
acid dehydrogenase, Isomerase, Transphosphorylase
- 3- يلعب دوراً هاماً في تخليق الحمض الأميني تربتوفان والبروتينات
والأحماض النووية والكربوهيدرات .
- 4- له دور في المحافظة على سلامة الأغشية الحيوية النباتية .

أعراض نقص عنصر الزنك

- يعتبر الزنك عنصر غير متحرك في النبات ولذا تظهر أعراض نقصه
على الأوراق الحديثة في صورة :
- إصفرار بين العروق مع ظهور بقع كبيرة على عموم الورقة الثانية أو الثالثة
كاملة للنضج ويتأخر النضج .
 - تورد القمة بظهور أوراق صغيرة الحجم على قمة الساق.
 - نقص شديد في معدل نمو الأجزاء النباتية فوق سطح التربة وتقرم النبات
وصغر حجم الثمار ونقص المحصول.
 - ذبول قمم الأوراق وتحولها إلى اللون البرونزي ثم موت الأنسجة المتأثرة
يتبعه موت النبات.

الحديد Iron

يعتبر الحديد (Fe) من العناصر الضرورية الصغرى ومن العناصر الكبرى جيوكيميائياً لوجوده بكمية كبيرة ضمن مكونات القشرة الأرضية ، ويدخل في تركيب كثير من المعادن المكونة للقشرة الأرضية . ويوجد الحديد في الأراضي بنسبة 5% على أساس الوزن وتصل النسبة في الأراضي الغنية بالعنصر إلى 10% وتقل إلى 1% أو أقل في الأراضي الرملية أو التي تتعرض لعملية الغسيل بواسطة الأمطار.

وتعتبر كمية الحديد الميسر بالأراضي الزراعية قليلة جداً وتمتصه الجذور على الصورة المعدنية Fe^{2+} و Fe^{3+} أو على صورة عضوية ذائبة . ويعتبر المستوي الحرج من الحديد في التربة من 2.5-5.0 جزء في المليون. ويتراوح تركيز الحديد في النباتات المختلفة من 50 إلى 100 جزء في المليون ، وإذا قل تركيزه بأنسجة النبات عن 50 جزء في المليون فيقال أن النبات واقعاً تحت إجهاد نقص الحديد . ويوضح جدول (2 - 7) الحدود الحرجة من الحديد في بعض نباتات المحاصيل .

جدول (2-7) : الحدود الحرجة للحديد في بعض النباتات .

المحصول	الجزء المأخوذ للتحليل	تركيز الحديد (جزء في المليون)	
		الحدود الطبيعية	حدود النقص
الذرة الشامية	الأوراق حديثة النضج	178-56	56-24
الأرز	الأوراق	80 <	63 >
فول الصويا	السيقان (عمر 34 يوم)	60-44	38-28
زهرة الشمس	الأوراق حديثة النضج	113	80
البرسيم الحجازي	طول 15 سم من القمة	400-30	30 >
القطن	الأوراق حديثة النضج	350-50	50 >

(عن : الـ FAO, 1983)

وظائف الحديد :

- 1- يلعب دوراً أساسياً في نظام العديد من الانزيمات التي تدخل في عملية التنفس مثل Cytochrome oxidase , Catalase , Peroxidase .
- 2- يعمل كمفتاح في تفاعلات الأيض المختلفة بالخلية مثل تثبيت النيتروجين والتمثيل الضوئي وإنتقال الإلكترون وتخليق الهرمونات وتمثيل الأحماض النووية والكلوروبلاست.
- 3- يعمل على المحافظة على الكلوروفيل ، حيث يؤدي نقصه إلى شحوب وإصفرار الأوراق.
- 4- يدخل في تخليق الـ Heme-proteins وهي عبارة عن سيتوكرومات تحتوى على الحديد في صورة معقد مع البورفيرين ، وهي مواد تدخل في تفاعلات الأكسدة والاختزال في التنفس والتمثيل الضوئي.

حساسية المحاصيل لنقص الحديد

تختلف نباتات المحاصيل في درجة حساسيتها لنقص الحديد في التربة كما هو موضح في جدول (2 - 8)

جدول (2 - 8) : حساسية المحاصيل لنقص الحديد في التربة

محاصيل متحملة	محاصيل متوسطة التحمل	محاصيل حساسة
البرسيم الحجازي ، الشعير، الذرة الشامية ، القطن ، الكتان ، الأعشاب النجيلية ، الدخن ، الشوفان ، البطاطس، الأرز ، فول الصويا ، بنجر السكر ، محاصيل الخضر والقمح.	البرسيم الحجازي ، الشعير ، الذرة الشامية ، القطن ، الكتان ، بقوليات العلف ، الشوفان ، سورجم الحبوب، الأعشاب النجيلية ، حشيشة الأوركارد، الأرز ، فول الصويا ، القمح ، الفاصوليا والبسلة .	الكتان ، الذرة الشامية ، سورجم العلف ، سورجم الحبوب ، الفول السوداني، فول الصويا ، حشيشة السودان ، محاصيل الخضر والمواالح .

بعض المحاصيل وضعت تحت إثنين أو ثلاث من الفئات نظراً للتباين في ظروف التربة ، النمو ، وإختلاف استجابة أصناف المحصول تحت الدراسة (عن : Havlin et al. , 1999) .

أعراض نقص الحديد

- وجد تأثير تضاد Antagonistic بين الفوسفور والحديد ، فزيادة الفوسفور الذائب في التربة يقلل من إمتصاص الحديد . وقد وجد نفس التأثير بين الفوسفور والزنك ، الأمر الذي يؤدي إلى ظهور أعراض نقص الحديد.
- يعتبر ظهور الإصفرار Chlorosis هو العرض الرئيسي لإجهاد نقص الحديد ونظراً لأنه عنصر غير متحرك بالنبات ، فإن أعراض نقصه تظهر على الأوراق حديثة النمو ويبدأ الأصفرار بظهور لون أخضر باهت ثم يتبعه ظهور اللون الأصفر وفي مناطق متداخلة على الورقة ، مع بقاء العروق خضراء .
- ومع شدة النقص يتحول اللون الأصفر إلى اللون الأبيض مع انعكاس أشعة الشمس على الورقة وتموت تماماً.

المنجنيز Manganese

- يعتبر المنجنيز (Mn) أحد المحددات الكبرى لزراعة الأراضي القلوية في كثير من مناطق العالم وكذا في استراليا لاسيما زراعة قمح الخبز الذي يعتبر أقل تحملاً للمستويات المنخفضة من المنجنيز . ويحتل المنجنيز المركز الثاني بعد الحديد من حيث كميته في مكونات القشرة الأرضية.
- ويعتبر المنجنيز من العناصر متعددة التكافؤ ، حيث يكون ثنائياً ورباعياً وسداسياً أوسباعياً . وتعتبر الصورة الثنائية Mn^{2+} هي الصورة الميسرة للامتصاص بواسطة النبات وقد يوجد مرافقاً للمادة العضوية بالتربة.
- ويبلغ تركيز المنجنيز في القشرة الأرضية حوالي 1000 جزء في المليون . ويبلغ متوسط تركيز المنجنيز الكلي في الأراضي من 20-6000 جزء بمتوسط 600 جزء في المليون. في حين يبلغ التركيز العادي للمنجنيز بالنباتات

من 20 إلى 500 جزء في المليون في المادة الجافة .. وعند انخفاض تركيزه بالنبات عن 15 إلى 20 جزء في المليون تظهر أعراض نقصه على النباتات. ويوضح جدول (2 - 9) الحدود الحرجة للمنجنيز في نباتات المحاصيل .

جدول (2 - 9) : الحدود الحرجة لتركيز المنجنيز في بعض المحاصيل

النبات	الجزء النباتي	ظروف النمو	تركيز المنجنيز بالجزء في المليون		
			حدود النقص	حدود الكفاية	حدود السد
القمح	القمة النامية	محلل مغذى	-	621-181	61-395
الشعير	القمة النباتية	ظروف حقلىة	-	76 - 14	-
الأرز	القمة النامية	محلل مغذى	20 >	-	500 <
الشوفان	القمة النامية	أرض حمضية	-	370 - 301	-
للذرة الشامية	أوراق الكيزان	ظروف حقلىة	-	84 - 19	-
فول الصويا	القمة النامية	ظروف حقلىة	15 >	35	-
القطن	القمة النامية	ظروف حقلىة	-	216 - 27	10 - 1130
بنجر السكر	الأوراق	ظروف حقلىة	30 - 5	1700 - 7	10 - 1250
البرسيم العجazy	القمة النباتية	ظروف حقلىة	-	240 - 62	70 - 651

(عن : FAO, 1983)

وظائف المنجنيز في النبات :

- 1- يدخل في تنشيط إنزيمات Dehydrogenase , Carboxylase وضروري لانزيمات Peroxidases , Oxidases, Arginase , Manganese-protein in PS II ، وإنزيمى phosphotransferase ، ذات الأهمية في عملية التمثيل Manganese superoxide dismutase ،

الضوئي وسلامة أغشية الثيلاكويد . ومن ثم تنشيط العمليات الحيوية بالنبات وزيادة الإنتاج وتحسين جودته .

2- للمنجنيز علاقة بتكوين الكلوروفيل ، فيدخل حوالي 10% من المنجنيز في تكوين جزئ الكلوروفيل ، ولذا تتأثر البلاستيدات الخضراء بنقص المنجنيز .

3- يلعب دوراً هاماً في تمثيل النيتروجين وبناء البروتين والليبيدات والكربوهيدرات داخل النبات :

4- يعتبر ضروري لانشطار جزئ الماء أثناء عملية التمثيل الضوئي وتفاعلات الضوء .

حساسية المحاصيل لنقص المنجنيز

تتباين نباتات المحاصيل في درجة حساسيتها لنقص المنجنيز الميسر بالتربة كما يوضحه جدول (2 - 10)

جدول (2 - 10) : حساسية المحاصيل للمستويات المنخفضة من المنجنيز الميسر في التربة

محاصيل متحملة	محاصيل متوسطة التحمل	محاصيل حساسة
الشعير ، الذرة الشامية ، القطن ، الفاصوليا ، الأرز ، الراي ، فول الصويا ، القمح ، محاصيل الخضر ، أشجار الفاكهة .	الشعير ، الذرة الشامية ، القطن ، الفاصوليا ، الشوفان ، الأرز ، الراي ، فول الصويا ، القمح ، البطاطس ، محاصيل الخضر وأشجار الفاكهة .	البرسيم الحجازي ، الشوفان ، فول الصويا ، بنجر السكر ، القمح ، الموالح ، أشجار الفاكهة ، البصل والبطاطس .

بعض المحاصيل وضعت تحت إثنين أو ثلاث من الفئات، نظراً للتباين في ظروف التربة ، النمو ، وإختلاف استجابة أصناف المحصول تحت الدراسة (عن : Havlin et al. , 1999) .

أعراض نقص المنجنيز على النبات

لما كان المنجنيز من العناصر غير المتحركة بالنبات ، لذا تبدأ ظهور أعراض النقص أولاً على الأوراق حديثة النمو في صورة إصفرار بين العروق، ثم تتميز بعد ذلك بظهور بقع بنية لأنسجة ميتة منتشرة على الورقة مع بقاء عروق الورقة خضراء داكنة في شكل لوحة الشطرنج . وتظهر مناطق ذات لون رمادي عند قاعدة الأوراق الصغيرة ثم تتحول إلى اللون المصفر ثم البرتقالي المصفر.

كما تظهر أعراض المنجنيز المنتشرة على محاصيل الحبوب في صورة بقع ذات لون رمادي مخضر على الأوراق ، وعلى قصب السكر في شكل تخطيط .

النحاس Copper

يمتص النبات عنصر النحاس (Cu) على الصورة الأيونية المتبادلة وهي النحاسيك Cu^{2+} أو في الصورة $CuOH^+$.
ويبلغ تركيز النحاس في القشرة الأرضية من 55-70 جزء في المليون .
وتحتوي الصخور النارية على 10 إلى 100 جزء في المليون ، في حين تحتوي الصخور الرسوبية على 4 إلى 45 جزء في المليون نحاس . وتظهر أعراض نقص النحاس في الأراضي ذات المحتوى المنخفض بمستوى " 1 أو 2 " جزء في المليون نحاس.

وفي مصر ، يتراوح محتوى العنصر في الأراضي الرسوبية من 20-62 جزء في المليون ، وفي الأراضي الجيرية من 10-50 جزء في المليون ، بينما في الأراضي الرملية من 6-18 جزء في المليون (عن : أبو الروس وآخرون 1992) .

ويتراوح تركيز النحاس الطبيعي في النباتات المختلفة من 5-20 جزء في المليون ، وبانخفاض التركيز داخل النبات عن 4 جزء في المليون يُتوقع ظهور أعراض نقص النحاس ، أما زيادة تركيزه عن 20 جزء في المليون فيؤدي إلى ظهور أعراض السمية على النبات (جدول 2- 11) .

جدول (2- 11) : الحدود الحرجة لتركيز النحاس في بعض نباتات المحاصيل

المحصول	الجزء المأخوذ للتحليل (العينة)	تركيز النحاس بالجزء في المليون		
		حد النقص	حد الكفاية	حد السمية
البرسيم الحجازي	قمة النبات (15سم)	10 >	30-10	30 <
الذرة الشامية	ورق الكوز	5 >	30-5	30 <
القطن	الأوراق الناضجة حديثاً	8 >	20-8	20 <
فول الصويا	الأوراق الناضجة حديثاً	10	30-10	30 <
الشعير	الحبوب	-	12-6	-
الشوفان	أوراق (عمر 6-9 إسبوع)	3 >	12-7	-
القمح	السيقان	8	18-9	-
التفاح	الأوراق العلوية	4-1	12-3	-
البرتقال	الأوراق (عمر 4-6 أسبوع)	6-4	16-6	22-17
العنب	الأوراق الصغيرة	5-2	10-8	-

(عن : الـ FAO, 1983)

وظائف النحاس في النبات :

1- يعتبر النحاس منشطاً لكثير من إنزيمات الأكسدة والاختزال وهو من

العناصر الضرورية اللازمة للعديد من البروتينات والكربوهيدرات.

2- يعتبر النحاس مكملاً لنشاط إنزيم Cytochrome oxidase

والإنزيم المحفز على أكسدة حمض الاسكوربيك Ascorbic acid oxidase

وبعض الإنزيمات الأخرى الهامة مثل Tyrosinase , Phenolase ,

Lactase , Urease.

- 3- مهم في تخليق الكلوروفيل ويشجع على تكوين فيتامين أ في النبات ويزيد من مقاومة النبات للأمراض الفطرية.
- 4- مهم في تكوين حبوب اللقاح وعملية الإخصاب .

حساسية المحاصيل لنقص النحاس في التربة :

تختلف نباتات المحاصيل في درجة حساسيتها لنقص النحاس في التربة على النحو التالي (جدول 2 - 12) :

جدول (2 - 12) : حساسية المحاصيل للمستويات المنخفضة من النحاس الميسر

محاصيل عالية الحساسية	محاصيل متوسطة الحساسية	محاصيل منخفضة الحساسية
القمح ، الكتان ، حشيشة الكناري ، الأرز ، البرسيم الحجازي ، حشيشة السودان ، بنجر المائدة ، الجزر ، الخس ، السبانخ ، الموالح والبصل .	الشعير ، الشوفان ، بنجر السكر ، الذرة الشامية ، حشيشة التيموثي والبرسيم .	الترتيكال ، الراي ، الكانولا ، الأرز ، فول الصويا ، محاصيل العلف النجيلية ، الريب ، الترمس ، الفول البلدي ، البطاطس ، البسلة والفاصوليا .

(عن : Havlin et al., 1999).

أعراض النقص :

يسلك النحاس سلوك كل من العناصر المتحركة وغير المتحركة داخل النبات ، متوقفاً ذلك على مدى توفر العنصر في وسط النمو .

يتحول لون الورقة إلى اللون الأبيض ويصغر حجم الورقة مع قصر المسافات بين العقد ومن ثم تقزم والتفاف النبات وتساقط الأزهار .

جفاف وموت قمة الأوراق أو أجزاء الورقة في محاصيل الحبوب مثل القمح والشعير والأرز وتلف الأجزاء الجافة ، كما تبدو السنابل مشوهة.

البورون Boron

يوجد البورون (Bo) في الأرض في عدة صور ، ويعتبر البورون الذائب في المحلول الأرضي من أهم الصور الميسرة للنبات . ويوجد البورون في صورة حمض البوريك H_3Bo_3 . وتحت ظروف الأراضي القاعدية ومع إرتفاع درجة الحموضة p^H يتحد حمض البوريك مع الماء ويتكون أنيون البورات المتأدنة $B(OH)_4^-$ التي يحدث لها إمتصاص في المواقع موجبة الشحنة أو بالتبادل مع مجموعة OH^- على أسطح الغرويات الأرضية.

ويمتص النبات الجزء الأكبر من البورون في صورة حمص بوريك $(H_3 Bo_3)$ وكميات أقل في صور أخرى مثل $H_2 Bo_3^-$, HBo_3^{2-} , Bo_3^{3-} , $B_4 O_7^{2-}$.

ويتراوح تركيز البورون الكلي في الأراضي بين 2 إلى 200 جزء في المليون والمدى الشائع حدوثه من 7 إلى 80 جزء في المليون . وتعاني النباتات ذات المحتوي من البورون الأقل من 15 جزء في المليون من إجهاد نقص البورون ويقل الرقم في النباتات أحادية الفلقة . ويعتبر التركيز من 15-100 جزء في المليون بورون هو الملائم والكافي للنمو الطبيعي للنبات ، في حين أن زيادة التركيز عن 200 جزء في المليون يؤدي إلى ظهور أعراض السمية . ويوضح جدول (2-13) الحدود الحرجة لتركيز البورون في المحاصيل المختلفة .

وظائف البورون في النبات :

- 1- يلعب دوراً رئيسياً في إستطالة الجذور وإمتدادها والحفاظ على سلامة الأغشية البلازمية.

جدول (2 - 13) : الحدود الحرجة لتركيز البورون في المحاصيل المختلفة

المحصول	الجزء النباتي المأخوذ للتحليل	حد النقص	حد الكفاية	حد السم
A - محاصيل تستجيب لإضافة البورون ، تبدو متحملة للمستويات العالية من البورون				
البرسيم الحجازي	القمة النامية عند مرحلة التزهير المبكر	$15 >$	40 - 20	200
البرسيم الأحمر	القمة النامية عند مرحلة البرعمة	20 - 12	45 - 21	59 <
بنجر السكر	الأوراق المتوسطة كاملة التكوين	$20 >$	200 - 31	100 <
B - محاصيل أقل استجابة لإضافة البورون ، تبدو أقل تحملاً للمستويات العالية من البورون				
الدرة الشامية	الجزء النباتي فوق سطح التربة عند مرحلة النمو الخضري وحتى ظهور النورة المزهرة	$9 >$	90 - 15	100 <
الشوفان	الأنسجة في مرحلة البلعمة	5.6 - 3.5	24 - 14	50 <
فول الصويا	الأوراق الثلاثية الناضجة عند مرحلة التزهير	10 - 9	—	63
الشعير	الأنسجة عند مرحلة البلعمة	8.6 - 7.1	21	46 <
القمح	الأنسجة عند مرحلة البلعمة	5 - 2.1	8	16 <

(عن: Gupta, 1993)

2- يزيد من مسامية الجذور ، وبالتالي يزيد من إنتقال الكربوهيدرات ، وعلى ذلك يعتبر التراكم العالي للنشا والسكر في النبات مدلولاً على عدم كفاية محتوى البورون بالنبات.

3- يدخل في تمثيل الكربوهيدرات واللجنين.

4- مهم في تخليق البروتين والأحماض النووية دنا و رنا وتخليق الفينولات.

5- ينظم النسبة بين الكالسيوم والبوتاسيوم في النبات.

6- مهم في تميز الخلايا وتطور الخلايا الجديدة في الأنسجة المرستيمية

7- يساعد في إتمام نجاح عملية التلقيح وعقد البذور والثمار.

8- إنتاج وإنتقال الطاقة والسكريات والنشا والنيتروجين والفوسفور .

9- تكوين العقد الجذرية في محاصيل البقول .

حساسية المحاصيل لنقص البورون

تختلف قدرة المحاصيل المختلفة على تحمل نقص البورون في الأرض. وأمكن تصنيف المحاصيل المختلفة تبعاً لقدرتها على تحمل التركيزات المنخفضة من البورون في الأرض إلى ثلاث مجموعات كما في جدول (2-14).

جدول (2-14) : حساسية بعض المحاصيل لنقص البورون في الأرض

محاصيل منخفضة الحساسية	محاصيل متوسطة الحساسية	محاصيل عالية الحساسية
الفاول البلدى ، الشعير ، الذرة الشامية ، الشوفان ، فول الصويا، الذرة الرفيعة ، الأرز ، القمح ، الراي ، حشيشة السودان، الخيار ، الأعشاب النجيلية ، الشوفان، الذرة السكرية ، البسلة ، البطاطس والموالح .	القطن ، البرسيم ، الكرنب ، الجزر ، الخس ، الفجل ، السبانخ ، الخوخ ، الكمثري ، والعنب والطماطم .	البرسيم الحجازي ، الكانولا ، الفول السوداني ، بنجر السكر، بنجر المائدة ، اللفت، القنبيط، الكرفس ، التفاح والورد .

(عن : Havlin et al., 1999)

أعراض نقص البورون على النبات

- يعتبر البورون عنصر غير متحرك Imobil وتظهر أعراض نقصه في صورة توقف نمو البراعم الطرفية ثم جفاف وموت الأوراق صغيرة العمر.
- تتلون الأوراق الحديثة بلون أخضر مزرق داكن مع زيادة سمكها وعدم إنتظامها .
- يسبب نقص البورون ، ظهور عدد من الأمراض الفسيولوجية مثل تعفن القلب في بنجر السكر والتفاف الأوراق في البطاطس وتكون منطقة قلبيته في التفاح ، وعدم انتظام سمك القشرة في الموالح.

- عدم تكوين الأزهار والسنابل وتأخر النضج.
- يتأثر نمو وتطور الجذور وتبدو سميكة غير منتظمة .

الموليبدينم Molybdenum

تحتوي التربة على كميات قليلة من الموليبدينم (Mo) ويمتصه النبات في صورة أنيون الموليبيدات MoO_4^{2-} . ويتراوح محتوى الموليبدينم الكلي في الأراضي الزراعية من 0.2 إلى 5 جزء في المليون بمتوسط عام 2.0 جزء في المليون.

ويتراوح تركيزه في النباتات المختلفة من 0.1 – 2 جزء في المليون. وتستجيب النباتات للرش بالعنصر إذا كان تركيزه داخل النبات أقل من 0.2 جزء في المليون وهي حدود النقص داخل النبات . ويسبب زيادة تركيزه في محاصيل العلف عن 15 جزء في المليون ، مشاكل صحية للحيوانات وظهور مرض الموليبيدنوزس أو Treat.

وظائف الموليبدينم في النبات

- 1- يلعب الموليبدينم دوراً هاماً في تمثيل النيتروجين في النبات ، فيدخل على الأقل في تكوين خمسة إنزيمات والتي تنشط مختلف التفاعلات الخاصة بتمثيل النيتروجين وهي Nitrate reductase , Nitrogenase, Xanthine oxidase /dehydrogenase , Aldehyde oxidase , Sulfite oxidase .
- 2- يعتبر الموليبدينم عامل مساعد في تثبيت النيتروجين N_2 إلى أمونيا NH_3 فهو مهم للمحاصيل البقولية والبكتريا المثبتة للأزوت.
- 3- يلعب دور في تكوين حمض الأسكوربيك.

حساسية النباتات لنقص الموليبدنم في الأرض :

تختلف نباتات المحاصيل في درجة حساسيتها لنقص هذا العنصر في الأرض ، فتعتبر نباتات العائلة الصليبية والبقولية من أكثر النباتات إحتياجاً للموليبدنم حيث تتأثر بنقص الموليبدنم في التربة ، بينما محاصيل الحبوب تنمو نمواً طبيعياً تحت ظروف نقص العنصر . ويبين جدول (2- 15) مدى إختلاف المحاصيل في درجة الحساسية لنقص الموليبدنم في الأرض .

جدول (2- 15) : حساسية بعض المحاصيل لنقص الموليبدنم

المحصول	درجة الحساسية
الشعير ، الفول البلدي ، الذرة الشامية ، القطن ، الكتان ، الشوفان ، البطاطس ، الذرة الرفيعة ، الأرز ، القمح ، الراي ، بنجر السكر ، الجزر ، الكرفس ، التفاح ، الخوخ والعنب .	محاصيل منخفضة الحساسية
القطن ، البرسيم الحجازي ، الشوفان ، فول الصويا ، الكرنب ، الخس ، الفجل ، بنجر المائدة ، الطماطم ، اللفت ، الموالح والسبانخ .	محاصيل متوسطة الحساسية
البرسيم ، البرسيم الحجازي ، البقوليات ، الريب والقنبيط .	محاصيل عالية الحساسية

(عن : Havlin et al. , 1999) .

أعراض نقص الموليبدنم على النبات :

لما كان الموليبدنم يدخل في تمثيل النيتروجين داخل النبات ، لذا تبدو أعراض نقصه مشابهة للنيتروجين ، حيث تتلون الأوراق السفلى باللون الأخضر المصفر ، أما السيقان وأعناق الأوراق فتصبح حمراء بنية ويصغر حجم العقد البكتيرية ويصبح لونها رمادي . وعلى العكس من أعراض نقص النيتروجين ، تظهر بقع سوداء على نصل الأوراق نتيجة تراكم النترات . وأهم أعراض نقص

الموليبدينم توقف النمو الطبيعي للنبات ويشحب لون الأوراق ثم تذبل . ويسبب نقص العنصر مرض البقع الصفراء في الموالح ومرض الذيل السوطي في العائلة الصليبية والتي تبدو على نبات القنبيط في صورة التواء الأوراق في اتجاه عكس عقارب الساعة ونمو غير طبيعي لعروق الأوراق ، ويفشل النبات في تكوين رؤوس القنبيط.

الكورين Chlorine

يمتصه النبات على صورة أيون الكلورين (Cl^-) ، ويتراوح تركيز الكلورين في القشرة الأرضية من 0.02 إلى 0.05%. وتتراوح كمية الكلورين الذائبة في الماء من 100-1000 كجم / هكتار ويحدث تراكم للعنصر في الأراضي المتأثرة بمياه البحار . ويعتبر محتوى الأرض الأقل من 2 جزء في المليون إجهاد نقص للعنصر على النباتات النامية ويحتاجه النبات بتركيز منخفض جداً يصل إلى 0.05 جزء في المليون.

ويزيد تركيز الكلورين في النباتات عدة مرات عن معظم العناصر الأخرى ويتراوح بين 0.2 - 2% من المادة الجافة . وتعاني نباتات المحاصيل الحساسة التي تحتوي أنسجتها على تركيز أقل من 100 جزء في المليون من نقص العنصر وإنخفاض المحصول والجودة ويزداد تأثير نقص الكلورين على المحصول والجودة ، عندما يصل تركيزه حوالي 4% في النباتات المتحملة. ويعتبر الكلورين من العناصر غير المتحركة نسبياً داخل النبات.

وظائف العنصر :

1- يعتبر عامل أساسي لإتمام عملية الأكسدة الضوئية للماء أثناء عملية التمثيل الضوئي وإطلاق الأكسجين.

2- عامل مساعد في إختزال بعض المركبات الغنية بالطاقة وإنتاج بعض المركبات أثناء عملية التمثيل الضوئي.

3- يلعب دوراً في الضبط الاسموزي للخلايا ويزيد من تأدرت الأنسجة النباتية.

4- قد يلعب دوراً في عملية تنظيم فتح وغلق الثغور في أوراق النبات .

حساسية المحاصيل لنقص الكلورين :

تتباين المحاصيل في درجة حساسيتها لنقص الكلورين الميسر كما يوضحه جدول (2 - 16) .

جدول (2 - 16) : حساسية المحاصيل للمستويات المنخفضة من الكلورين الميسر

محاصيل عالية الحساسية	محاصيل متوسطة الحساسية	محاصيل منخفضة الحساسية
البقوليات ، الدخان الخس ، الأفوكادو والخوخ	القمح ، الشوفان ، فول الصويا ، القطن والبطاطس .	بنجر السكر ، الشعير الذرة الشامية ، الطماطم والسبانخ

(عن: Havlin et al. , 1999)

أعراض نقص الكلورين على النبات

تتمثل أعراض نقص العنصر في إنخفاض مساحة الأوراق وظهور إصفرار وذبول الأوراق الحديثة ونقص في نمو المجموع الجذري وتحت الظروف الطبيعية ، نادراً ما يظهر على النباتات أعراض نقص الكلورين ، ويرجع ذلك لحدوث التلوث بهذا العنصر من الغلاف المحيط بالنبات.

نماذج لأعراض نقص العناصر الغذائية الكبرى والصغرى على نباتات المحاصيل صفحة 234 ، 235 .

ظروف التربة المؤدية إلى ظهور أعراض نقص العناصر

على نباتات المحاصيل

Soil conditions inducing nutrient deficiencies on crop plants

تتباين الظروف المؤدية إلى نقص العناصر الغذائية ، وحدوث إنحرافات في النمو وظهور أعراض النقص على نباتات المحاصيل . حيث يحدث النقص نتيجة عوامل بعضها يعزى إلى التركيب الوراثي وطبيعة إنتشار الجذور أو إلى بيئة النبات متمثلاً في وجود العنصر بكمية غير كافية أو على صورة العنصر ومدى ملاءمة حموضة الوسط لتيسر العنصر ، وحالة التوازن بينه وبين العناصر الأخرى وعدد مواقع التبادل الأيوني ومدى توفر الماء في بيئة النمو ، الأمر الذي يؤدي إلى عدم قدرة النبات على إمتصاصه وتمثيله .

ويوجد عديد من حالات نقص العناصر الغذائية التي تظهر على نباتات المحاصيل منها :

- 1- النقص المختفي (المستتر) : ويحدث دون أن تظهر أعراض مرئية على النبات ، نتيجة نقص عنصر معين أو أكثر من عنصر في بيئة النبات .
 - 2- النقص الحقيقي : ويحدث نتيجة انخفاض محتوى التربة من العنصر ، مما يؤثر على العمليات الحيوية والفسولوجية بالنبات ، ومن ثم تظهر أعراض نقص العنصر واضحة ومميزة على النبات .
 - 3- النقص غير الحقيقي : هو النقص الراجع إلى عدم قدرة النبات على إمتصاص العنصر بسبب عدم تيسره .
- ويوضح جدول (2 - 17) ظروف التربة المؤدية إلى حدوث نقص العناصر.

جدول (2 - 17) : ظروف التربة التي تساعد على ظهور أعراض نقص العناصر على نباتات المحاصيل

العنصر	الظروف المؤدية إلى النقص
النيتروجين	الغسيل الزائد بالأمطار الغزيرة ، محتوى التربة المنخفض من المادة العضوية ، و حرق متبقيات المحاصيل.
الفوسفور	الأراضي الحامضية ، العضوية ، الجيرية ، الأراضي التي تعرضت للغسيل ، الأراضي ذات المحتوى المرتفع من الجير.
البوتاسيوم	الأراضي الرملية ، العضوية ، المتأكلة المعرضة للغسيل ، ومع إضافة كميات كبيرة من الجير ونظم التكايف الزراعي.
الكالسيوم	الأراضي الحامضية والقلوية أو الصودية.
الماغنسيوم	مثل الكالسيوم.
الكبريت	الأراضي ذات المحتوى المنخفض من المادة العضوية ، استخدام الأسمدة النيتروجينية والفوسفورية غير المحتوية على الكبريت ، و حرق متبقيات المحاصيل.
الحديد	الأراضي الجيرية ، الأراضي العالية في محتوى الفوسفور والمنجنيز والنحاس أو الزنك والأراضي ذات المحتوى العالي من الجير.
الزنك	الأراضي عالية الحموضة المعرضة للغسيل ، الأراضي الجيرية ، الأراضي ذات المستويات العالية من الكالسيوم والماغنسيوم والفوسفور.
المنجنيز	الأراضي الجيرية السلتية والطينية ، الأراضي ذات المحتوى العالي من المادة العضوية والأراضي الجيرية.
البورون	الأراضي الرملية ، الأراضي الحامضية المعرضة طبيعياً للغسيل والأراضي القلوية الخالية من الجير.
الموليبدنم	الأراضي البدزولية والأراضي الجيرية المجففة.

دلائل التعرف على أعراض نقص العناصر

Indicators of mineral deficiency symptoms

تعتمد مقاومة المحاصيل لنقص العناصر الغذائية على الأسس الآتية :

1- أعراض النقص المرئية Visible deficiency symptoms

يؤدي نقص مختلف العناصر الغذائية إلى ظهور أعراض مرئية مميزة. وتتأثر هذه الأعراض بالتركيب الوراثي لنباتات الصنف وتظهر هذه الأعراض عندما يكون تركيز العنصر أقل من حد معين يعرف بالحد الحرج ، وهو الحد الذي إذا قل تركيز العنصر في النسيج النباتي عنه تظهر أعراض نقصه على النبات ، وأصطلح أن يكون من 5 - 10 % من التركيز الأمثل الذي يعطى المحصول الأعظم . وفي بعض الحالات يبدو نقص العنصر دون ظهور أعراض مرئية . وعموماً يستخدم هذا المعيار في معرفة الاختلافات الصنفية في تحمل نقص العناصر الغذائية. ويمكن التغلب على أعراض النقص بإضافة أو استبدال العنصر .

2- محتوى العنصر في أنسجة النبات Mineral content in plant tissues

يمكن تحديد محتوى العنصر في نسيج النباتات النامية تحت ظروف خصوبة التربة المنخفضة . ويتأثر محتوى العناصر بحالة النمو وعمر النسيج ومختلف العوامل البيئية الأخرى . وعموماً يعتبر هذا المعيار أداة تساعد في تشخيص إجهاد نقص العناصر . ويعطى التحليل الكيماوي برهان مفيد في برامج انتخاب النباتات مع الأخذ في الاعتبار مختلف المشاكل المتعلقة بعمر النبات والعينة والعنصر موضع الدراسة.

3- الاختبارات الكيموحيوية Biochemical tests

يعتبر نشاط إنزيمات متخصصة وتراكم مركبات كيموحيوية معينة ، دليل جيد على النقص الشديد في عناصر معينة ويبنى ذلك على أساس دور هذا العنصر في نشاط الانزيم أو أن هذا العنصر مكون هام لنشاط الانزيم أو أن هذا العنصر يتحرك في داخل النبات من خلال نشاط الانزيم. وتعتبر هذه الاختبارات عالية التخصص ومفيدة ودقيقة كمعايير إنتخابية، لاسيما عند مقارنة أعراض نقص العناصر الغذائية . ويمكن بهذه الاختبارات كشف مدى واسع من مستويات النقص قبل ظهور أعراض مرئية على النبات ، ومن ثم إتخاذ الإجراءات المناسبة للتعامل مع مشكلة نقص العنصر.

4- قياسات خصائص الطيف والحرارة لعرش النبات

Spectral and thermal characterization of crop canopy

يعتبر لسان عرش النبات المقدر من خلال خصائص إنعكاس الطيف وحرارة المجموع الخضري ، مدلولاً على الحالة الفسيولوجية والكيموحيوية ، فزيادة أو نقص المغذيات الكبرى الضرورية مثل النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم وكذلك العناصر الصغرى ذات الأهمية في مسارات التخليق الحيوي للمركبات الهامة في النبات يصاحبها خلل في محتوى الصبغات ومستوى الخضرة والتوزيع الفراغي والهندسي Geometry للمحصول ، حيث يعكس مظهر النبات الحالة الغذائية له.

فعند دراسة خصائص الانعكاس الطيفي وحرارة العرش لمحصول القمح خلال موسم النمو بواسطة جهاز Spectro – radiometer (LICOR –

(AG 0 42) Infrared thermometer, 1800) في تجارب طويلة المدى في منطقة IARI بنيود لهي تحت مستويات مختلفة من النيتروجين ، لاحظ Gupta وآخرون (2003) وجود تباين في مستوى الخضرة من أثر التباين في مستوى نيتروجين التربة . وكانت القيم العالية لمستوى الخضرة تحت ظروف التسميد الجيد (100% NPK + 15 طن / هكتار سماد عضوي) مقارنة بظروف عدم التسميد (N₀ P₀ K₀) . وسُجل ارتباط موجب وعالي المعنوية بين دليل مستوى الخضرة (محتوي الكلوروفيل) والمادة الجافة $r = + 0.92$ وكذلك مع المحصول $r = + 0.82$ ، في حين كان الارتباط سالباً بين طول الفترة التي تعرض لها النبات لإجهاد النيتروجين مع محصول حبوب القمح $r = - 0.90$

وفي الذرة الشامية ، أمكن توظيف خصائص الطيف والحرارة للمجموع الخضري للنبات في التمييز بين النباتات المجهدة وغير المجهدة للنيتروجين . ويتم قياس مختلف مؤشرات النمو على أساس انعكاس الأشعة الحمراء وتحت الحمراء كمؤشرات طيفية تحت ظروف إجهاد وعدم إجهاد نقص النيتروجين . حيث لاحظ Saxena and Rao (2003) حدوث تباين في الاستجابة للطيف بين النباتات المسمدة وغير المسمدة بالنيتروجين ، وأظهرت نباتات الذرة غير المسمدة والتي تعاني من نقص النيتروجين قيماً منخفضة لمؤشرات نسبة الأشعة تحت الحمراء / الحمراء والفرق العادي ، مقارنة بالنباتات المسمدة وكانت الاختلافات أكثر وضوحاً خلال فترة النمو القصوي . وقد استخدمت تقنية الاستشعار عند بعد في قياس الفرق في درجة الحرارة بين العرش والهواء والتفريق بين نباتات الذرة المسمدة وغير المسمدة بالنيتروجين ، حيث سُجلت قيماً عالية للفرق بين درجة حرارة العرش والهواء

في حالة نباتات الذرة التي تعاني من نقص النيتروجين ، وكانت الاختلافات أكثر وضوحاً خلال المرحلة الوسطي من فترة نمو المحصول.

5- المحصول Yield

يعتبر تقدير المحصول تحت ظروف نقص العناصر الغذائية دليلاً انتخابياً واضحاً وجلياً ومعبراً عن درجة مقاومة أصناف المحاصيل لنقص العناصر . وعلى أية حال ، تنخفض قيمة معامل التوريث للمحصول بصورة ملحوظة تحت ظروف الإجهاد المختلفة.

وينبغي تقدير محصول مختلف التراكيب الوراثية تحت ظروف إجهاد نقص العنصر والظروف الطبيعية مع زراعة صنف للمقارنة معروف بالمقاومة بانتظام في الجدل . ويحسب محصول مختلف التراكيب الوراثية كنسبة مئوية من محصول صنف المقارنة الأقرب إليه في القطعة التجريبية . كما يمكن تقدير دليل التحمل ودليل الحساسية لنقص العنصر.

وعموماً ، يعتبر المحصول معياراً مقبولاً في تجارب الآباء والسلالات المنتخبة ، غير أنه غير مناسب في حالة الانتخاب على مستوى النبات الفردي خلال الجيل الانعزالية.

كيفية تصحيح أعراض نقص العناصر الغذائية

Correction of nutrient elements disorders

بعد تشخيص ومعرفة أعراض نقص العنصر على النبات وتحديدده ، تتبع الإجراءات المناسبة لتصحيح أعراض النقص . وتتباين وسائل المعالجة حسب الظروف الزراعية والمناخية ونوع العنصر . ويعتبر استخدام أصناف المحاصيل الكفء أو المتحملة في توليفة مع مستويات التسميد المناسبة أو تعديل وتحسين

ظروف النمو من أفضل الحلول لهذه المشكلة . ويوضح جدول (2 - 18) طرق تصحيح أعراض نقص العناصر .

جدول (2 - 18) : طرق تصحيح أعراض نقص العناصر الغذائية

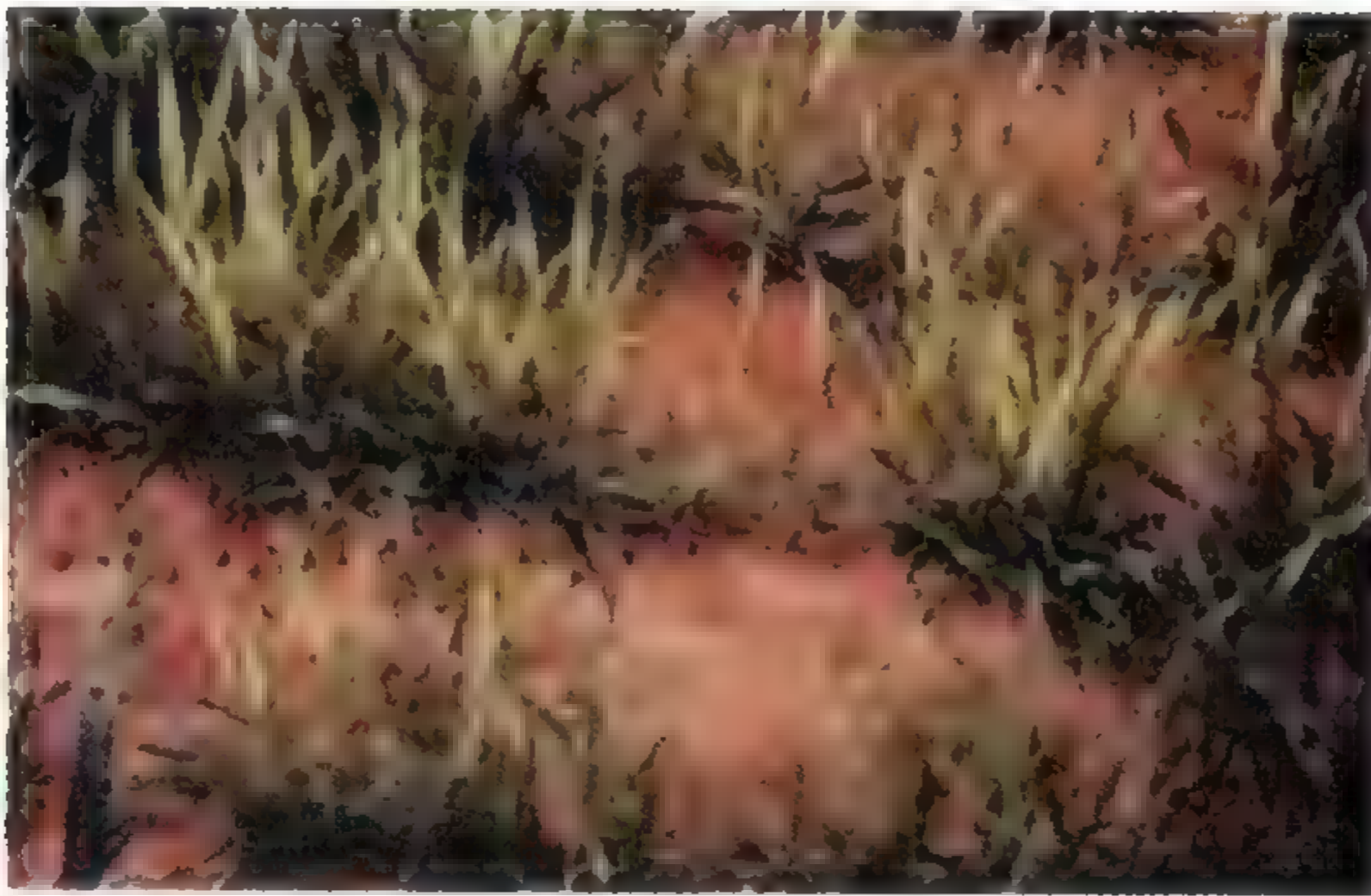
العنصر	طرق التصحيح
النيتروجين	إضافة المادة العضوية إلى التربة ، إضافة الأسمدة النيتروجينية ، إدخال المحاصيل البقولية في الدورة الزراعية ، رش عرش النبات بمحلول 0.25 - 0.5 % من اليوريا .
الفوسفور	ضبط درجة حموضة p^H التربة وإضافة الأسمدة الفوسفاتية .
البوتاسيوم	إضافة الأسمدة البوتاسية ، خلط متبقيات المحاصيل .
الكالسيوم	إضافة الجير إلى الأراضي الحامضية ، إضافة الجبس أو مصادر الكالسيوم الأخرى الذاتية عند عدم الحاجة أو للضرورة إلى الجير ، رش العرش في الحالات الحادة بـ 0.75-1% محلول نترات الكالسيوم .
الماغنسيوم	إضافة حجر الجير الدولوميتي ، الرش بـ 2% محلول كبريتات الماغنسيوم .
الكبريت	إستخدام الأسمدة المحتوية على عنصر الكبريت مثل سلفات الأمونيوم والسوبر فوسفات الإحادي ، إضافة الجبس أو عنصر الكبريت .
الزنك	إضافة كبريتات الزنك إلى التربة ، الرش بـ 0.1 - 0.5 % محلول كبريتات الزنك .
الحديد	الرش بـ 2 % سلفات الحديد أو 0.02 - 0.05 % من محلول الحديد المخلي وإستخدام الأصناف عالية الكفاءة للحديد .
النحاس	إضافة المصادر المحتوية على النحاس إلى التربة أو الرش بمحلول 0.1 - 0.2 % كبريتات النحاس .
البورون	إضافة الأسمدة المحتوية على البورون إلى التربة أو الرش بـ 0.1 - 0.25 % من محلول البوراكس .
الموليبدنم	إضافة الجير إلى الأراضي الحامضية ، إضافة موليبدات الصوديوم أو الأمونيوم أو الرش بمحلول 0.07 - 0.1 % من موليبدات الأمونيوم .



أعراض نقص الفسفور على
نبات البرسيم الحجازي



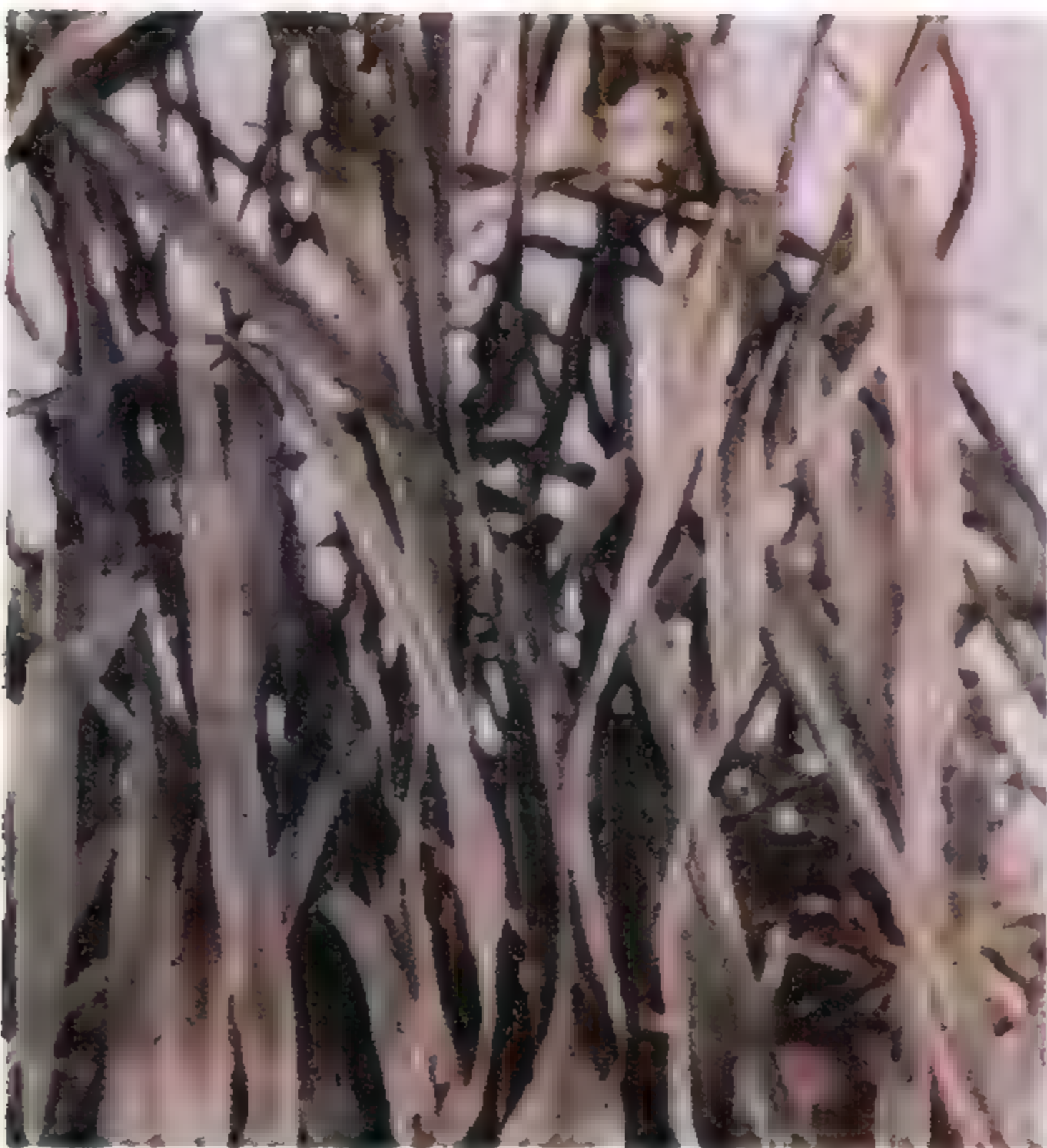
أعراض نقص النيتروجين على
نبات الذرة الشامية



أعراض نقص الكبريت على
نبات القمح



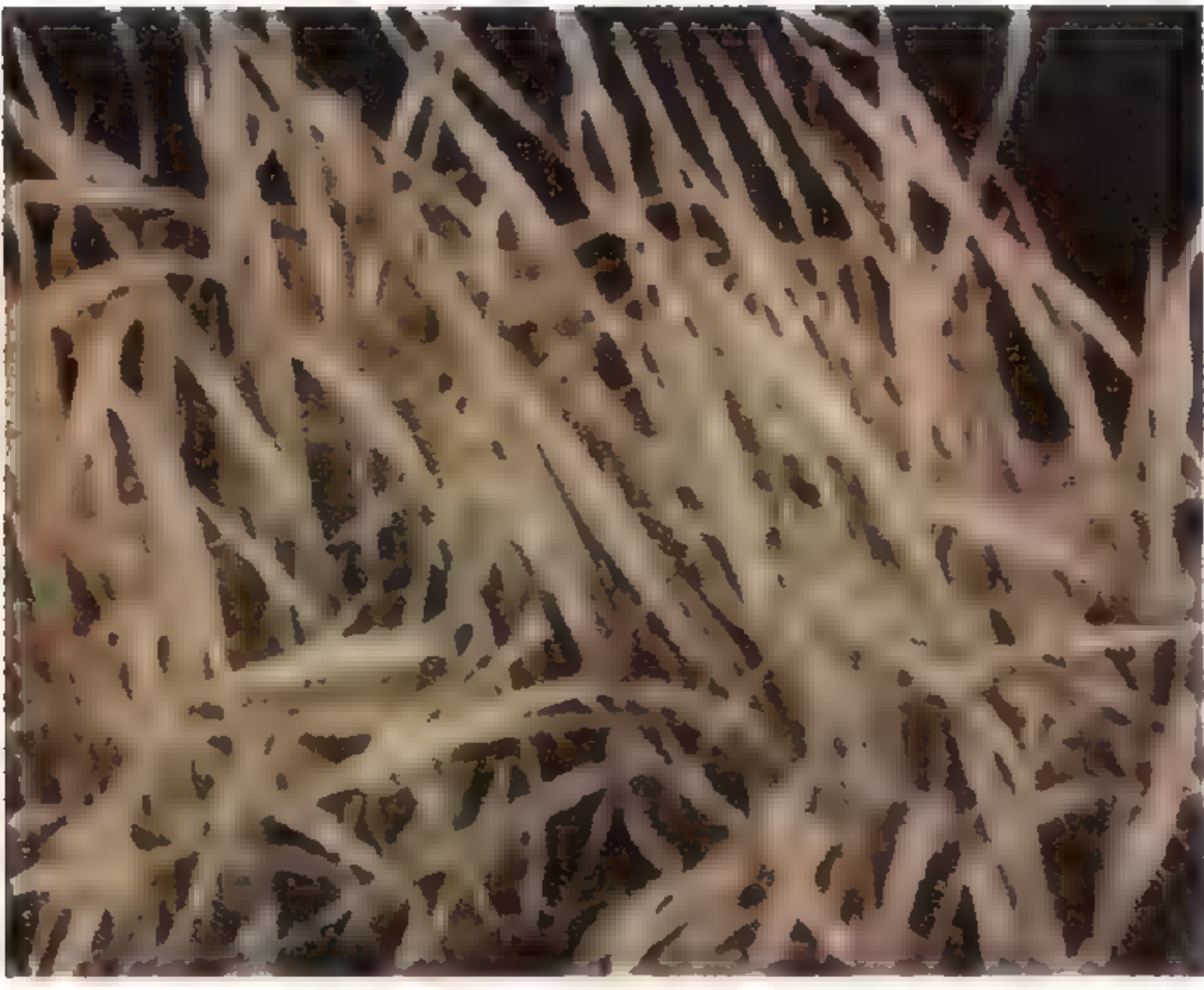
أعراض نقص البوتاسيوم على
نبات فول الصويا



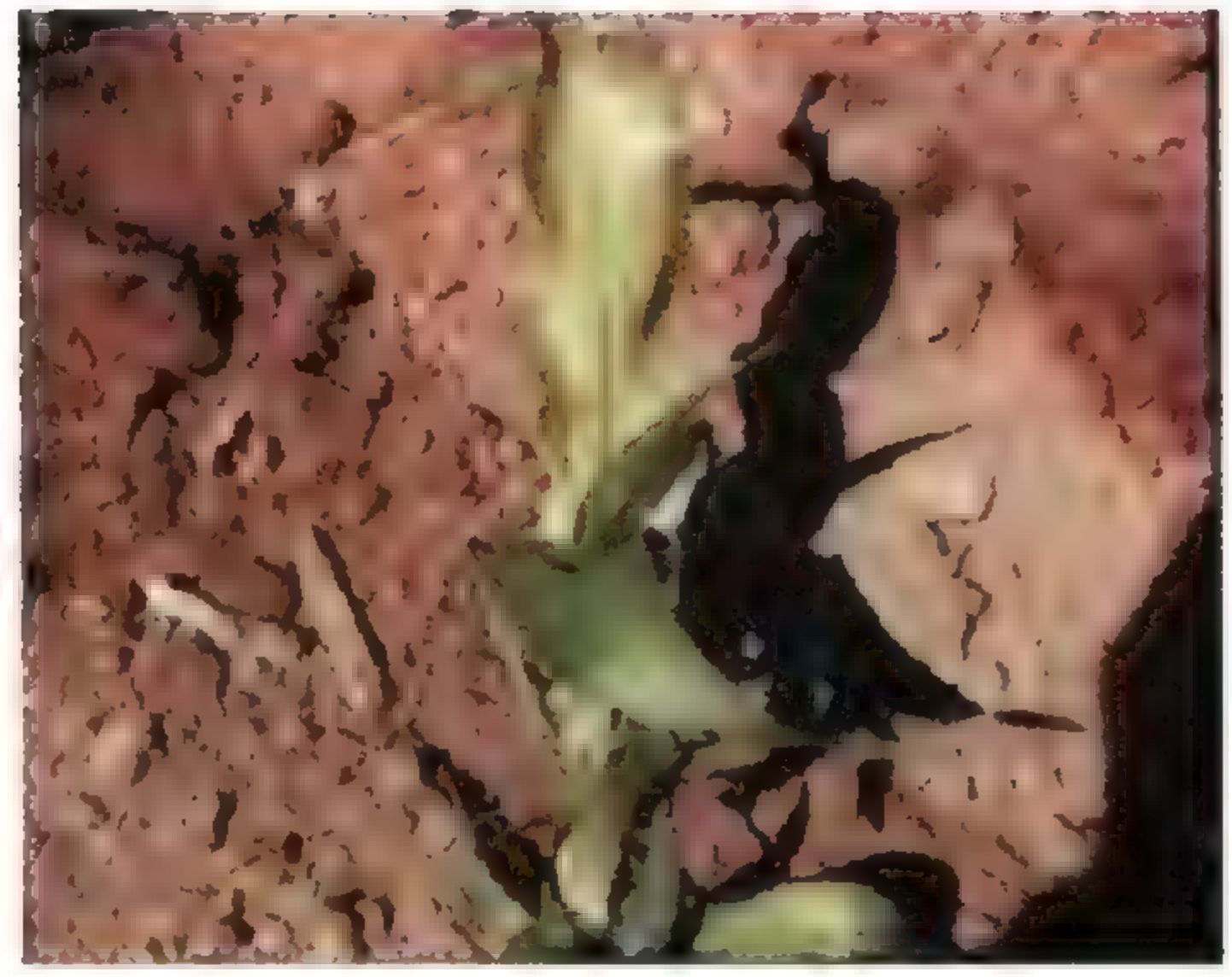
أعراض نقص الماغنسيوم على
نبات الشعير



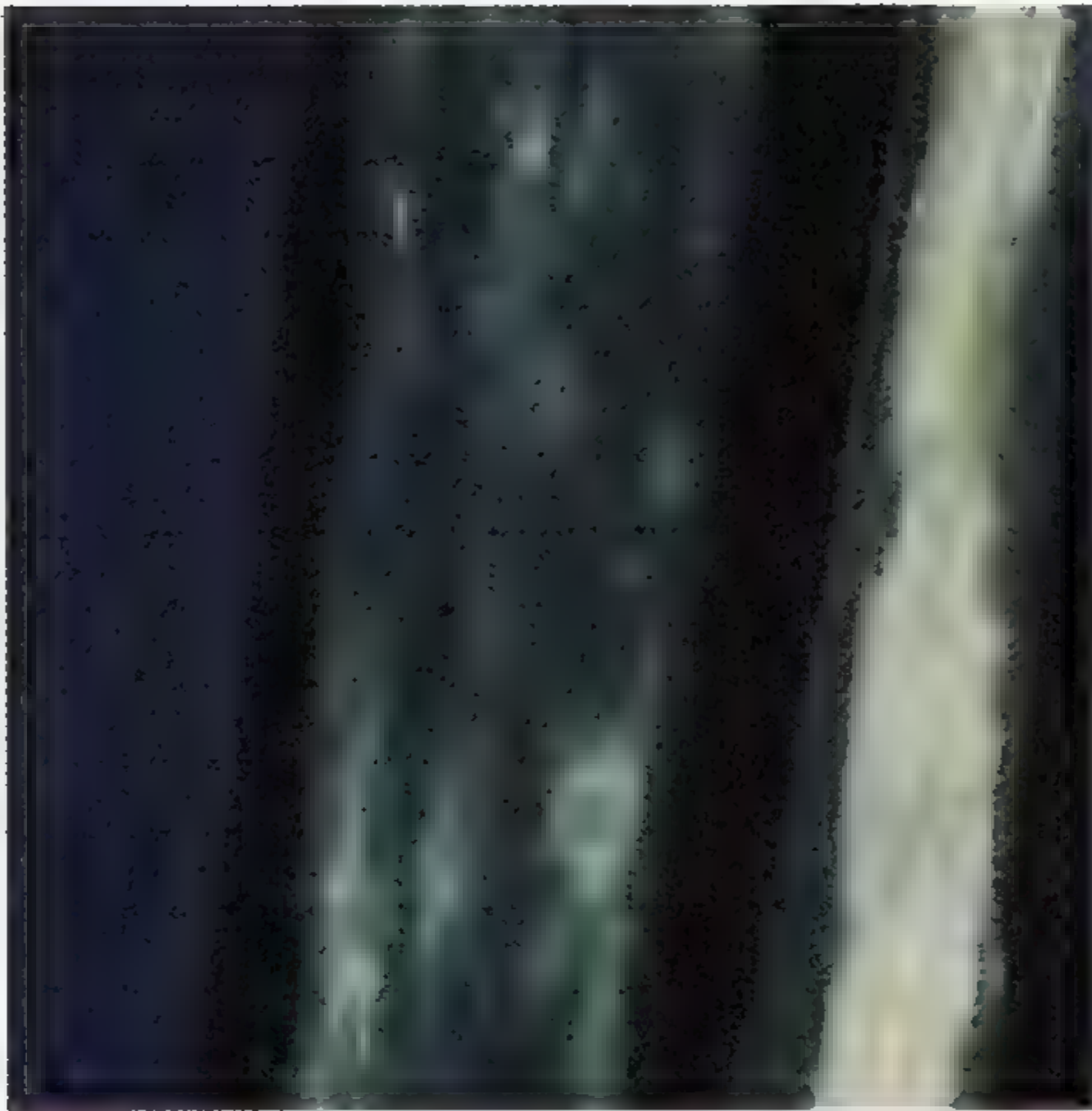
أعراض نقص الكالسيوم على
نبات الشعير



أعراض نقص الحديد على نبات القمح



أعراض نقص الزنك على نبات الذرة الشامية



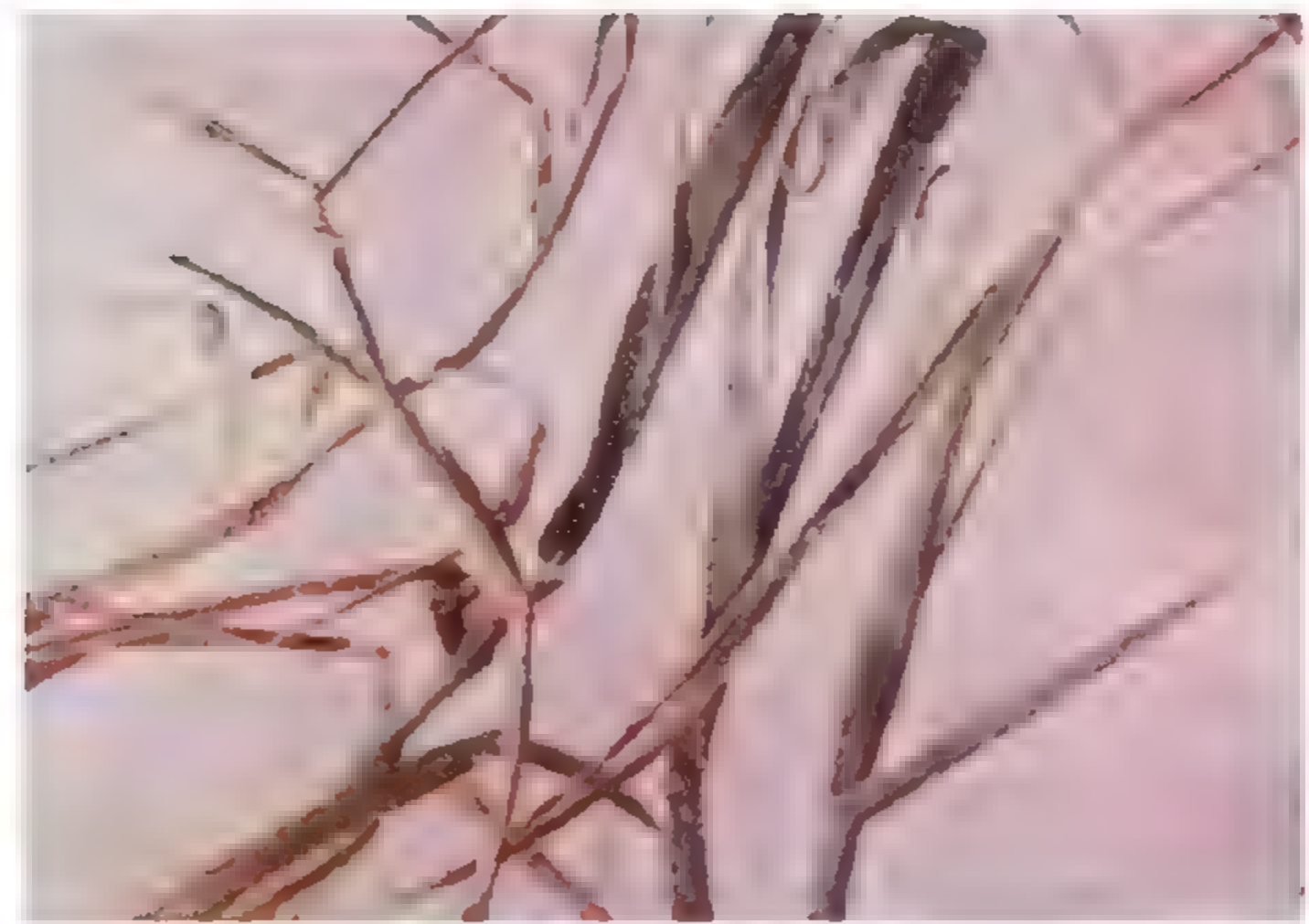
أعراض نقص النحاس على نبات القمح



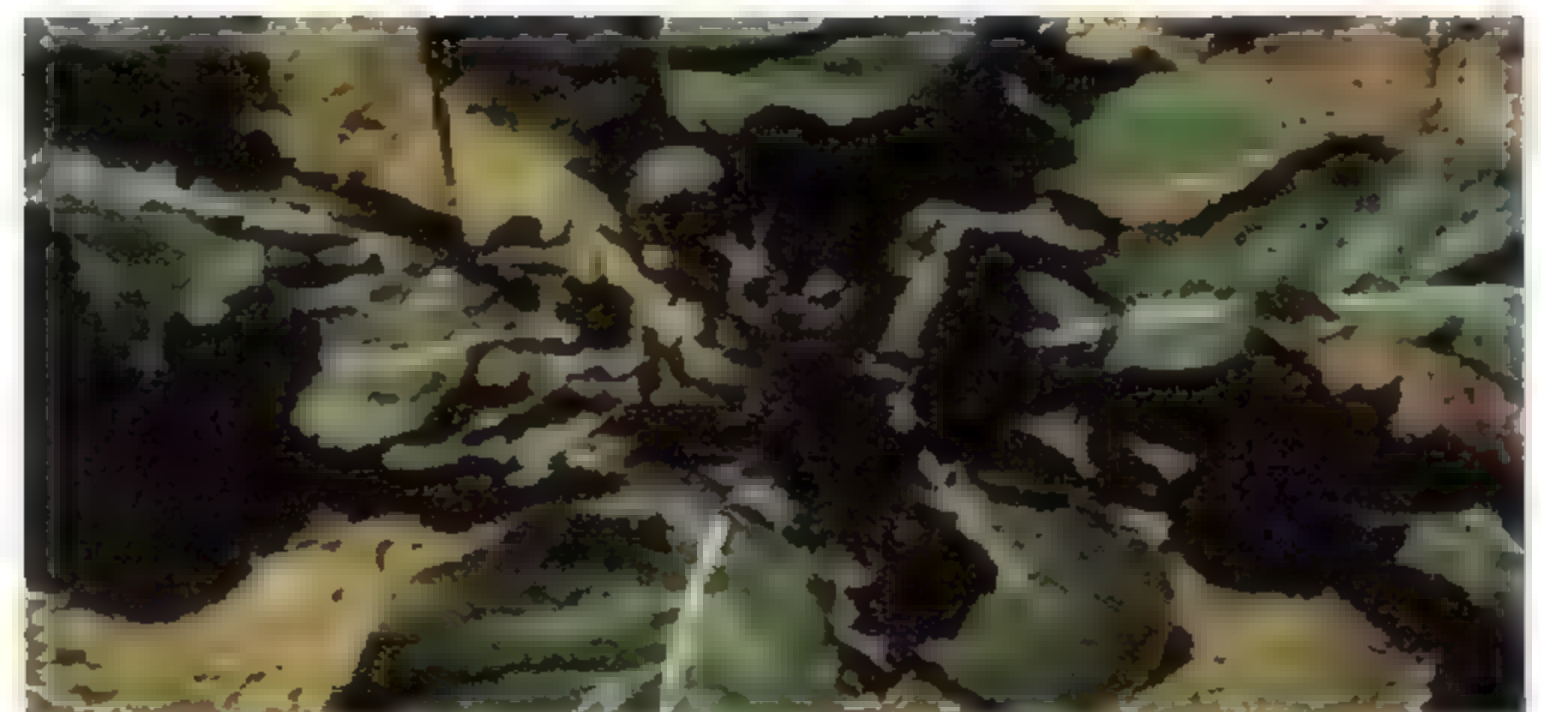
أعراض نقص المنجنيز على نبات فول الصويا



أعراض نقص الكلورين على نبات القمح



أعراض نقص البورون على نبات القمح



أعراض نقص الموليبديم على نبات القنبيط

عامل التربة وكفاءة المحاصيل

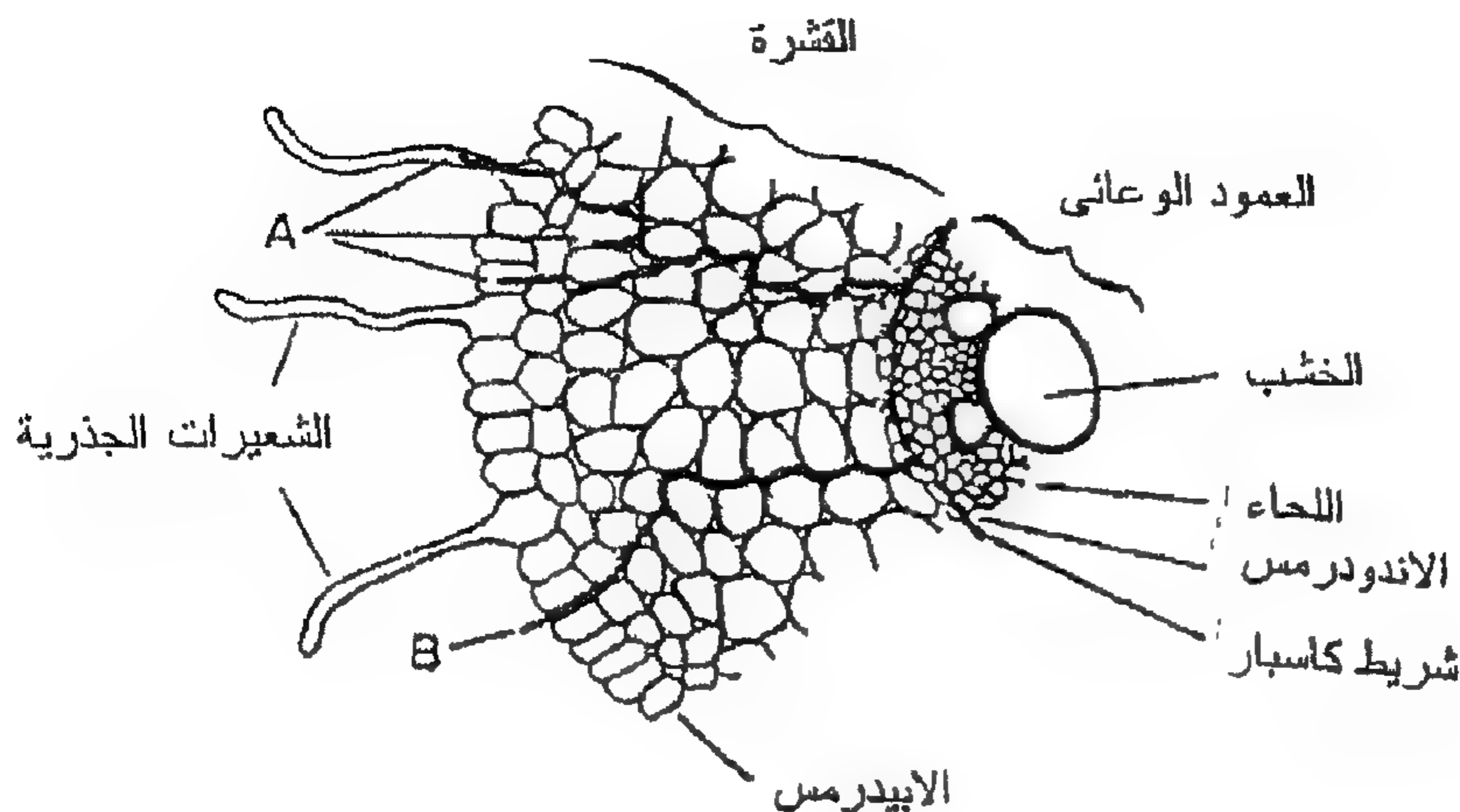
في إمتصاص والاستفادة من العناصر الغذائية

Soil Factor and Efficiency of Crops to Absorb and Utilize of Nutrient Elements

يقوم النبات بإمتصاص العنصر الغذائي في صورته الأيونية من المحلول الأرضي ، وهناك إمداد متوازن للعنصر بصورة مستمرة من مادة الأصل يسمح بالمحافظة على مستواه في محلول التربة عوضاً عن الكمية التي امتصها النبات. ويوجد عدد من النظريات التي تفسر إمتصاص العنصر الغذائي بواسطة النبات والذي يعبر عنه بعدة مصطلحات مثل Absorption أو Intake أو Uptake ، وتشير جميعها كما ذكر البشبيشي وشريف (1998) إلى دخول الأيونات إلى داخل جذر النبات . كما تتحرك الأيونات ضد تدرج التركيز وهي عملية حيوية . حيث تمتص أيونات العناصر الغذائية بواسطة الشعيرات الجذرية وتتحرك خلال الأبيدرمس والقشرة والاندودرمس والعمود الوعائي ونهاية إلى الخشب . وخلال الخشب تنتقل الأيونات إلى المجموع الخضري . ويمد اللحاء المجموع الجذري بمنتجات التمثيل الغذائي السابق تجهيزها من المجموع الخضري ، كما هو موضح بالقطاع العرضي لجذر الذرة الشامية (شكل 2-2) . ويوجد إثنان من المسارات المتوازية لحركة الذائبات عبر القشرة حتى تصل إلى العمود الوعائي :

الأول ؛ المرور خلال المسافات الخارج خلوية أو الأبوبلاست (جدار الخلية والمسافات بين الخلوية) .

والثاني ؛ المرور من خلية إلى خلية في السيمبلاست (البروتوبلازما الحية) خلال الخيوط السيتوبلازمية التي تربط سيتوبلازم الخلايا مع بعضها البعض .



شكل (2 - 2) : قطاع عرضي في جذر الذرة الشامية ، يوضح مسارات إنتقال الأيون في (A) الـ Symplastic و (B) الـ Apoplastic عبر الجذور .

كيف تحصل النباتات على إحتياجاتها من العناصر الغذائية ؟
How can plants obtain of their nutrient requirements ?

يقوم النبات بتغطية إحتياجاته من العناصر الغذائية من خلال الخطوات الآتية :

- 1- إمتصاص العنصر الغذائي خلال المحلول الأرضي إلى جذر النبات .
 - 2- إمتصاص العنصر بواسطة الجذور .
 - 3- إنتقال العنصر داخل النبات من الجذر إلى الأجزاء الهوائية .
- وعموماً ، عندما يصل العنصر في الصورة الأيونية إلى أسطح الجذور من المحلول الأرضي ، فإن هناك ثلاثة إحتتمالات يمكن أن تحدث له وهي :

1- إمتصاصه على أسطح خلايا الجذور نتيجة توفر الشحنة الكهربائية على هذه الأسطح.

2- مرور العنصر خلال خلايا الجذر عن طريق الحركة الحرة Passive movement خلال الجزء من الخلية المسمى بالفراغ الحر Free space دون الحاجة إلى طاقة.

3- تراكم Accumulation العنصر داخل الخلايا عن طريق الامتصاص النشط Active uptake أو الامتصاص الحيوي Metabolic uptake.

توصيف عملية إمتصاص وإستفادة نباتات المحاصيل من العناصر الغذائية
Description of uptake process of crop plants from nutrients

يمكن توصيف عملية إمتصاص النباتات الراقية لأيونات العناصر فيما يلي :

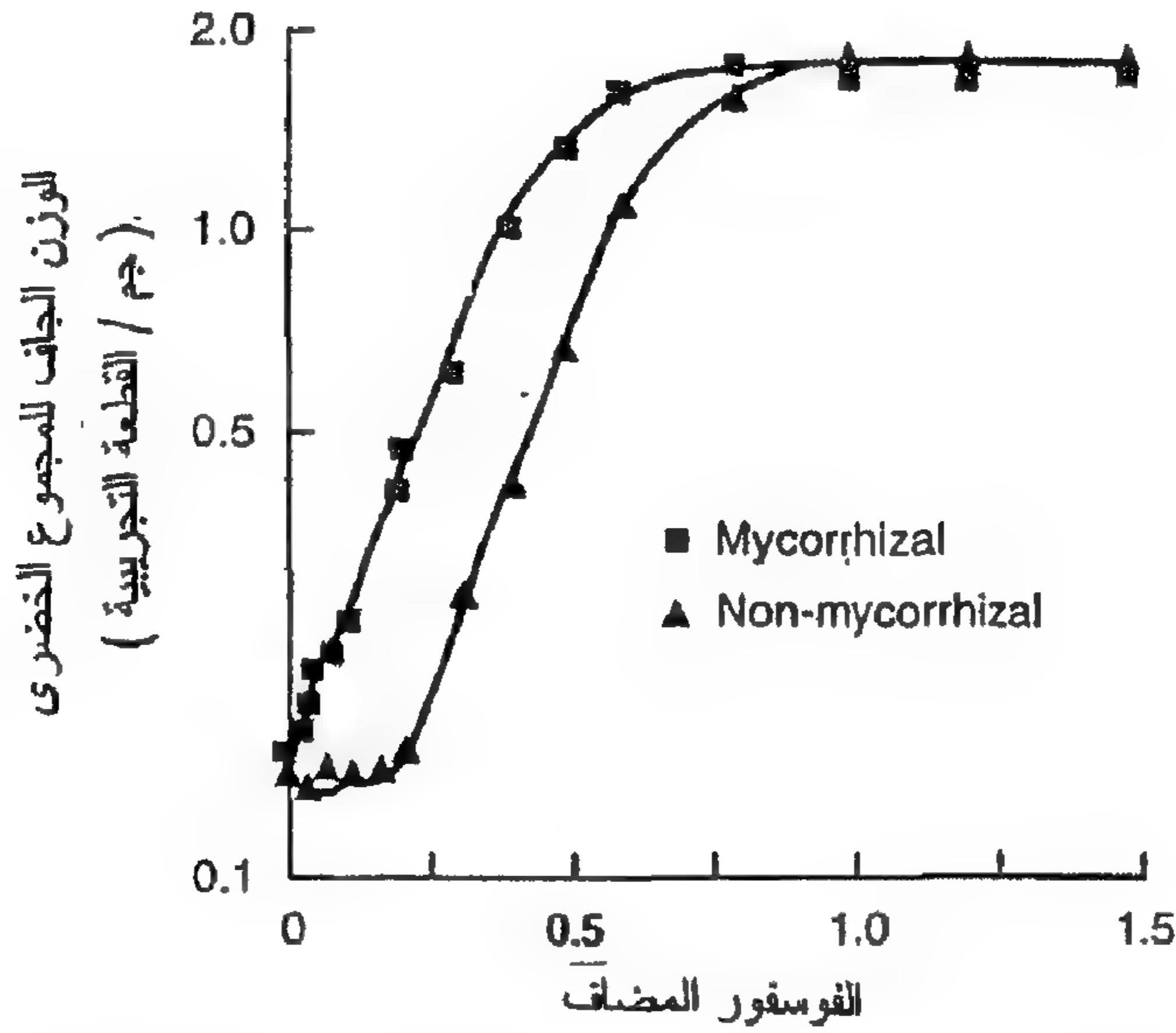
1- الاختيارية Selectivity ، بمعنى أن يكون هناك أفضلية لامتصاص بعض العناصر بواسطة نوع نباتي معين عن البعض الآخر.

2- التجميع أو التراكم Accumulation ، وفي هذه الحالة يزداد تركيز العنصر داخل العصير الخلوي في النبات ليصبح أعلى بكثير من تركيزه في المحلول الأرضي.

3- وراثياً Genotypic ، حيث تختلف أنواع وأصناف المحاصيل في القدرة على إمتصاص الأيونات على حسب تركيبها الوراثي.

وعندما يتأثر أداء النبات عكسياً بنقص أو زيادة العناصر الغذائية في التربة ، يشار إلى هذه الحالة ، بأن النبات واقعاً تحت إجهاد العناصر Mineral stress .

وتستجيب النباتات لإجهاد العناصر عن طريق زيادة نمو المجموع الجذري بالنسبة للمجموع الخضرى وزيادة نفاذية الأغشية . كما تفرز الجذور أحماض عضوية تزيد من تيسر الفوسفور والزنك والمنجنيز . بل وتكون جذور النباتات علاقات تكافلية مع عديد من الفطريات مثل فطر Mycorrhiza ، حيث تزيد هيفا الفطر من مساحة سطح الجذور المعرض للتلامس (شكل 2 - 3) ، وهو ما قرر فى عديد من المحاصيل مثل البرسيم والقمح والراى والترتيكال والذرة الشامية ، ومن ثم تزيد كفاءة إمتصاص العناصر الغذائية قليلة أو بطيئة الحركة Low mobility مثل الفوسفور والزنك والنحاس إلى جانب الانتقال النشط للأيونات والتي تعتبر جميعها مكونات ضرورية لأقلمة النبات لإجهاد العناصر .



شكل (2 - 3) : يوضح زيادة كمية الفوسفور الممتص في نبات البرسيم مع وبدون التلقيح بفطر الميكوريزا (عن : Havlin , 1999) .

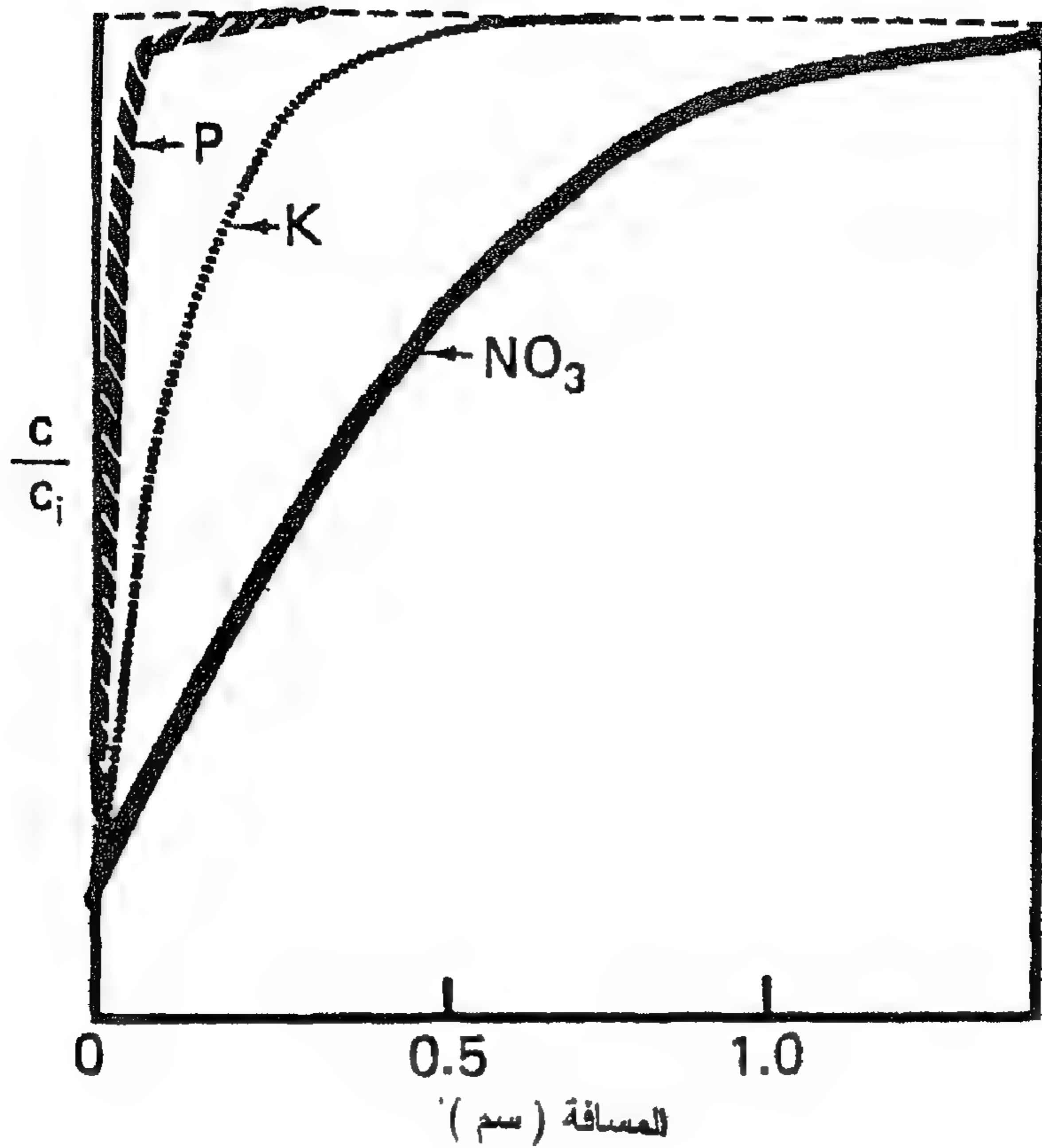
ولتحقيق الاستفادة من العناصر الغذائية يجب أن تتلامس جذور النبات مع العناصر الموجودة في بيئة النمو أو يرش على الأوراق وأجزاء النبات ، كما

تنمو وتتحرك جذور النبات خلال التربة لتتلامس مع العناصر الغذائية أو قد تتحرك العناصر إلى الجذور ، وتمتص معظم العناصر السماوية بواسطة جذور النباتات النامية في التربة ، ويحدث تلامس لجذور بعض النباتات بحوالي 1 أو 2 % فقط من حجم التربة .

وتعتمد حركة العنصر الغذائي خلال المحلول الأرضي إلى النبات على الاعتراض الجذري وإمتصاص الجذور له وعلى التدفق الكتلي من خلال إنتقال المحلول الأرضي المحتوي على العنصر الغذائي إلى النبات أو على الانتشار ، حيث ينتقل العنصر خلال المحلول الأرضي حسب تدرج التركيز . ويعتبر توفر الماء مهماً لتيسر حركة العناصر باتجاه الجذور . فتحتاج النباتات إلى عناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم بكميات كبيرة . ويمد التدفق الكتلي النبات بالجزء الأكبر من النيتروجين الذي يستخدمه نظراً لسهولة تحرك النترات مع تيار الماء . غير أن عنصرى الفوسفور والبوتاسيوم لا يتحركا بسهولة بالتدفق الكتلي ، ويعتمد تيسرهما عند أسطح الجذور على الانتشار كما هو موضح بشكل (2 - 4) .

وعلى الرغم من تباين قيم الانتشار مع ظروف التربة والماء في الأرض فقد قدرت قيم مسافة الانتشار للنيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم فكانت 1 ، 0.2 ، 0.02 سم لهذه العناصر ، على الترتيب (Barber , 1976) . كما قدرت نسبة الاستفادة من هذه العناصر فكانت 50 % للنيتروجين ، 10 % للفوسفور و 20-40 % للبوتاسيوم .

وتلعب خصائص المجموع الجذري وتمدد وانتشار الجذور وزيادة المسطح النوعي دوراً هاماً في التلامس مع العناصر الغذائية وإمتصاصها وكفاءة الاستفادة منها جنباً إلى جنب مع ظروف التربة والبيئة المحيطة من رطوبة وحرارة ونظام إدارة المحصول .



(شكل 2 - 4) : توزيع النترات (NO_3) والفوسفور (P) والبوتاسيوم (K) المنتقل من جذور النباتات النامي في أرض سلتية - طميية ، بعد الامتصاص بـ 5 أيام ، حيث يحكم الانتشار معدل تدفق وسريان العناصر إلى الجذور . تشير C إلى التركيز الناتج كجزء من CI الذي يمثل التركيز الأولي للعناصر الميسرة . (عن Barber , 1967).

ميكانيكية المقاومة لنقص العناصر Resistance Mechanism to Mineral Deficiency

تستطيع التراكيب الوراثية المقاومة لنقص العناصر أن تنمو بصورة جيدة تحت ظروف نقص العنصر مثلها في ذلك مثل التراكيب الوراثية الحساسة التي تنمو تحت ظروف عدم الإجهاد ، وتشمل الميكانيكيات المسئولة عن مقاومة المحاصيل لنقص العناصر عملية إعادة توزيع وكفاءة إمتصاص العناصر وكفاءة إنتقال العناصر والتجزئ والسعة التبادلية الكاتيونية.

1- إعادة توزيع العناصر Mineral redistribution

في هذه الاستراتيجية ، تتحرك العناصر الموجودة في الأوراق القديمة ، المسنة إلى الأنسجة الصغيرة الحديثة . فقد تأكد إعادة توزيع عناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم ، كما لوحظ إعادة توزيع المنجنيز في بعض الحالات. وعلى الجانب الآخر تقل حركة عنصر النحاس تحت إجهاد نقص العنصر .

2- كفاءة إمتصاص العنصر Efficient mineral uptake

يتحسن إمتصاص العناصر بحموضة الوسط نتيجة إفراز جذور النبات بعض الأحماض العضوية . وتقوم جذور التراكيب الوراثية الكفاء في إمتصاص عنصر الحديد بتحرير أيونات الهيدروجين H^+ في بيئة الجذور ، ويساعد ذلك في إختزال أيون الحديدك Fe^{3+} إلى الحديدوز Fe^{2+} الأكثر تيسراً .

ويعتبر نشاط إنزيم الـ Phosphatase مؤشراً لتقدير الاختلافات النوعية في إمتصاص وكفاءة الاستفادة من الفوسفور . فتحت ظروف نقص الفوسفور ، تضاعف مستوى نشاط الإنزيم 2.5 مرة في الأنواع *Aegilops* *T. boeoticum* , *speltoides* مقارنة بالنوع *T. dicoccoide* . (McLachlan, 1980).

كما تميزت سلالات وأصناف الذرة الشامية الأكثر كفاءة في إمتصاص النيتروجين بزيادة مستوى نشاط إنزيم Nitrate reductase ومعدل تمثيل النيتروجين ومحتوى البروتين الذائب وإنتاج المادة الجافة والمحصول مقارنة بالأصناف الأقل كفاءة (Hageman et al., 1961) .

3 - كفاءة إنتقال العناصر والتجزئ Mineral transport and partitioning efficiency

تحدث في بعض أنواع الأراضي مثل الأراضي الجيرية ، سيادة عنصر الكالسيوم ، الأمر الذي يؤدي إلى تثبيط نشاط الحديد Fe ، ومن ثم ظهور أعراض إصفرار الحديد Iron chlorosis في التراكيب الوراثية الحساسة . وتستطيع التراكيب الوراثية المقاومة لهذا العرض تجنب التلامس Interference مع الكالسيوم ، ويؤدي ذلك إلى زيادة محسوسة في إنتقال الحديد من خلال قشرة الجذور إلى الخشب وهو ما لوحظ في صنف الذرة الشامية WF9 .

ويعتبر معدل سرعة إنتقال العناصر الغذائية من الجذور إلى الأوعية المناسبة من الخصائص المسئولة عن مقاومة نقص العناصر . وتتباين التراكيب الوراثية في هذه الخاصية فتمثل الحركة البطيئة في اللحاء لعناصر البورون والكالسيوم والمنجنيز مشكلة في كثير من الحالات . وقد تميزت سلالة الذرة الشامية Pa 54 ذات الكفاءة في الاستفادة من الحديد الميسر بالتربة بزيادة معدل

انتقال الحديد فيها إلى الأوراق مقارنة بسلالة الذرة الأقل كفاءة Yellow Strip. كما وجد Spear ومساعدوه (1978) أن معدل تدفق البوتاسيوم اللازم لتأمين إحتياجات المجموع الخضري كان أعلى في صنف الكسافا Cu Q24 عن الصنف Cu Q1.

4- السعة التبادلية الكاتيونية Cation exchange capacity

تفيد هذه الخاصية في تمييز التراكيب الوراثية المحتملة لانخفاض الفوسفور في التربة . وتتميز التراكيب الوراثية للأنواع الأكثر طلباً (إحتياجاً) للفوسفور والتي تعتمد على خصوبة التربة في تغطية معظم إحتياجاتها بسعة تبادلية كاتيونية عالية عن الأنواع الأقل طلباً للعنصر . وقد أشارت الدراسات أن السعة التبادلية الكاتيونية المنخفضة تكون في صالح الأيونات الإحادية مثل البوتاسيوم عن الأيونات الثنائية مثل الماغنسيوم والكالسيوم والتي تتجمع في بعض الأصناف.

مستويات مقاومة أصناف المحاصيل لإجهاد نقص العناصر

Levels of crop cultivar resistance to mineral stress deficiency

تندرج مستويات مقاومة أصناف المحاصيل لإجهاد نقص العناصر الغذائية فيما يلي :

1- أصناف مقاومة لنقص العناصر

Mineral deficiency resistant cultivars

وهي أصناف المحاصيل التي تُبدي مظاهر نمو وتعطي مستويات محصول جيدة . وفي نفس الوقت تكون أقل تأثراً بنقص العنصر مقارنة

بالأصناف الأخرى التابعة لنفس النوع ، وتعرف الظاهرة نفسها بالمقاومة لنقص العناصر .

2- أصناف ذات كفاءة (كفاء) للعناصر الغذائية

Mineral efficient cultivars

وهي الأصناف التي تستطيع إنتاج أعلى كمية من المادة الجافة أو الناتج النهائي لكل وحدة من العنصر الممتص بواسطة النبات ومن ثم فهي تستطيع النمو جيداً وإنتاج مادة جافة أعلى مع معدلات إمتصاص ونقل كميات أكثر من العناصر التي بها نقص في التربة إلى الأوعية والأعضاء المناسبة ، وتتطور أعراض النقص عليها ببطء متميزة في ذلك عن نباتات الأصناف الأخرى عند زراعتها تحت مستويات منخفضة من العناصر الغذائية .

وقد أوضح Gupta (1997) أن التراكيب الوراثية ذات الكفاءة للزنك تستطيع إمتصاص كمية أكبر من العنصر من الأراضي الفقيرة في محتوى الزنك وإنتاج كمية أعلى من المادة الجافة والمحصول. ووصف Singh (2003) الصنف ذو الكفاءة للعناصر الغذائية Nutrient efficient cultivar ، بأنه الصنف الذي يمتلك القدرة على التحويل الجيد للعناصر الممتصة Nutrient inputs إلى مخرجات مرغوبة Desired outputs مقارنة بالأصناف الأخرى . فالصنف الذي ينتج محصولاً أعلى بالنسبة لكمية العنصر المضاف يعتبر صنف كفاء .

3- أصناف تتحمل نقص العناصر

Mineral deficiency tolerant cultivars

ويقصد بها الأصناف التي يحدث بها مستوي منخفض من الضرر للعمليات الحيوية الضرورية لحياة النبات عندما تحتوي أنسجتها على تركيزات

أقل من الحدود الحرجة للعنصر ، وتعرف هذه الظاهرة بالتحمل Tolerance وتبدو ذات أهمية في مجال التربية لتحمل نقص العناصر الغذائية.

4- أصناف تتجنب نقص العناصر

Mineral deficiency avoidant cultivars

وهي الأصناف التي تمتلك ميكانيكيات تساعد على تجنب نقص العناصر الغذائية في أنسجة النبات وتجنب ظهور أعراض النقص عليه ، وتعرف الظاهرة بالتجنب Avoidance

وهناك إثنان من المفاهيم فيما يتعلق بكفاءة الاستفادة من العناصر الغذائية يجب أخذهما في الاعتبار هما :

أ- كفاءة النبات في إستعادة العناصر السماوية التي أضيفت إلى الأرض لاستعمالها بواسطة النبات.

ب- كفاءة النبات في إستخدام العناصر بعد إمتصاصها بواسطة النبات . هذا ويعتبر محتوى العناصر الغذائية المرتفع في الحبوب ، إنعكاس لكفاءة الصنف في إمتصاص العنصر . وتتباين أصناف المحاصيل في هذه القدرة إذ يتميز بعضها بكفاءة إمتصاص أعلى عن الأخرى من نفس قطاع التربة أو من المنطقة المجاورة ، ويرجع ذلك إلى تأثيرات وراثية خاصة بالصنف . ويبدو من المنطقي تركيز عمل المربي تجاه إنتاج أصناف ذات كفاءة ليس فقط للاستفادة من العناصر الكبرى ، ولكن أيضا ذات كفاءة في الاستفادة من العناصر الصغرى التي يحتاجها النبات بكميات قليلة ولكن تيسرها منخفض.

أسس مقاومة المحاصيل لإجهاد نقص العناصر الغذائية
**Fundamentals of Crop Resistance to Nutrient
Elements Deficiency Stress**
الصفات النباتية والمعايير الانتخابية
Plant Characters and Selection Criteria

تتعدد الصفات النباتية ذات العلاقة وتحمل المحاصيل لنقص العناصر
والتي يمكن إتخاذها كمعايير إنتخابية في برامج التربية.

أولاً: الصفات الفينولوجية التطورية
Developmental and phenological characters

1- قوة النمو والإنبات المبكر
Early germination and growth vigour

يعتبر النمو القوي وسرعة التطور من الصفات الهامة التي تساعد نبات
المحصول على إمتصاص العناصر الغذائية وتحمل نقص العناصر . وهو ما
لوحظ في صنف القمح الاسترالي 18 Vigor ذو النمو القوي المبكر ومحصول
المادة الجافة المرتفع للسيقان مقارنة بالأصناف Janz , Westonia , Camm ,
Tincurrin وقد تباينت الأصناف معنوياً في إمتصاص النيتروجين في مرحلة
التفرع والبلعمة وكانت معدلات الامتصاص النوعية للنترات NO3 بجذور
الصنف 18 Vigor أعلى ، وإرتبط ذلك مع معدل النمو النسبي للمجموع
الخضري (Liao et al. , 2002).

ومن النتائج الفريدة ما لوحظ من تفوق عائلات الجيل الذاتي الأول من الذرة الشامية عالية المحتوى من الفوسفور في قوة نمو البادرات مقارنة بالعائلات الأقل في هذه الصفة (Wardyn and Russell , 2005) ، وإرتباط متوسط السلوك لصفات قوة النمو مع محصول الحبوب العالي في هجن الذرة الشامية ، تحت المستوى المنخفض من النيتروجين مقترحاً أهمية الانتخاب لقوة النمو في تحسين محصول الذرة الشامية تحت ظروف إجهاد العناصر الغذائية (Lafitte and Edmeades , 1995) .

2-التبكير في النضج Early maturity

تتجه الأصناف مبكرة النضج الأقدر على تحمل إجهاد نقص العناصر إلى تجميع محتوى أعلى من العناصر الغذائية في الحبوب خلال فترة إمتلاء قصيرة . وهو ما لوحظ في بعض أصناف القمح المتحملة للإجهاد البيئي والتي تتميز بفترة إمتلاء قصيرة ومعدل إمتلاء عالي مثل سدس 7 .

كما تتجه هجن الذرة الشامية مبكرة النضج إلى تجميع محتوى أعلى من الفوسفور عن الهجن متأخرة النضج ، وحددت القدرة على تراكم الفوسفور كصفة انتخابية لزراعة الذرة الشامية في الأراضي منخفضة الخصوبة.

وقد حدد رضوان وآخرون (2003) صفات تبكير إنتشار حبوب اللقاح وظهور الحراير مع قصر الفترة بينهما ، معاييراً إنتخابية لتحسين كفاءة إستخدام النيتروجين وتفوق محصول الحبوب في الذرة الشامية .

ثانياً: الصفات المورفولوجية Morphological characters

1- خصائص المجموع الجذري Root system characters

تختلف الأنواع النباتية في مدى إنتشار مجموعها الجذري ، حيث تنتشر جذور بعض الأنواع في الطبقة السطحية من التربة ، وبالتالي تستفيد من خصوبة

التربة في هذه الطبقة . والبعض الآخر ، ينتشر في طبقة عميقة نوعاً ما ، وبالتالي تستفيد من الطبقة المتعمقة من التربة . وتمتاز بعض أصناف المحاصيل بأن مجموعها الجذري يتجمع بالكامل في الطبقة السطحية وبالتالي توفر مواد ممثلة تساهم في زيادة المحصول ومكوناته.

وتعتبر خصائص الجذور من السمات الهامة لأصناف المحاصيل الكفاء في الاستفادة من العناصر الغذائية . ويعتبر التباين الوراثي العالي في مورفولوجي الجذور وكثافة وطول ومساحة السطح النوعي للشعيرات الجذرية مفيداً في الانتخاب والتربية لتحسين هذه الصفات بما يساعد على زيادة إمتصاص العناصر الغذائية المتاحة من قطاع التربة.

ولقد لعب الوزن الجاف للجذور وطول الجذور في الأرز دوراً معنوياً في كفاءة الاستفادة من عنصر الزنك وأسهم تأثير التفوق لصفة طول الجذر بحوالي 48 % من التباين الكلي لكفاءة الاستفادة من العنصر (Wang *et al.*, 2004).

وقد وجد أن إمتصاص الفوسفور المعلم P^{32} باثنين من سلالات الذرة الشامية وهجنها كان أعلى في الهجن الأكبر في حجم المجموع الجذري ، حيث إمتصت كمية أكبر من الفوسفور المشع وإرتبط ذلك مع النمو المبكر السريع ومع تطور المجموع الجذري (Rabideaux *et al.*, 1950).

2- صفات المجموع الخضري Shoot system characters

تؤثر خصائص المجموع الخضري في قدرة الأصناف على الاستفادة من وتحمل نقص العناصر الغذائية . وترتبط الاختلافات بين الأصناف في كفاءة إمتصاص النيتروجين مع حجم وطول فترة حياة الأوراق . حيث لوحظ تميز

أصناف القمح المكسيكية عالية الكفاءة في إمتصاص النيتروجين بزيادة عدد الأوراق على الفرع والبقاء أخضر لفترة أطول (Syme , 1972). كما ظهرت أهمية صفات مساحة نصل وغمد ورقة العلم ومساحة حامل السنبل والمساحة التمثيلية الكلية وخصوبة الأزهار في 15 تركيب وراثي من القمح تحت إجهاد نيتروجين ؛ صفر أو 220 كجم يوريا / هكتار ولقد تفوق التركيب الوراثي V x T (short) في مساحة نصل ورقة العلم وبقية الصفات المدروسة ، وكذا التركيب 49 V x T (10) في مساحة غمد ورقة العلم ومساحة الحامل والمساحة التمثيلية الكلية وكان التركيب الوراثي K x BW-1 الأعلى في خصوبة الأزهار ومحصول النبات تحت ظروف إجهاد النيتروجين المختلفة (Awal et al. , 2000) .

وقد ظهرت الأهمية النسبية لصفات عدد الأوراق وطول النبات والمحتوي الكلي من المادة الجافة والوزن الجاف للمجموع الخضري والوزن الجاف للمجموع الجذري وطول الجذر تحت إجهاد نقص عنصر الزنك . وقد Wang ومساعدوه (2004) مدي مساهمة هذه الصفات بأكثر من 65% من التباين الكلي لكفاءة الاستفادة من الزنك في أرز المناطق المرتفعة ، ومثل التباين الراجع إلى التأثير المضيف للجينات 21.85% لجميع الصفات عدا طول الجذر، وبلغت قيمة التباين الراجع لتأثير التفوق لصفة طول الجذر 48 % من التباين الكلي .

وفي فول الصويا ، تفوق الصنف XM6 في صفتي كثافة الشعيرات الجذرية وطول الشعيرة الجذرية / وحدة من الجذور عن الصنف CN4 ، تحت مستوى متوسط الانخفاض من الفوسفور الميسر (Lide et al. , 2004) .

3- نسبة المجموع الجذري إلى الخضري Root : Shoot ratio

ظهر في عديد من الحالات ، إرتباط بين زيادة نسبة وزن وحجم المجموع الجذري إلى الخضري مع المقاومة لنقص العناصر تحت ظروف الإجهاد . فقد اتضح أن الإشارة الحادثة لزيادة كتلة الجذور يتم إدراكها قبل أن يؤدي نقص العنصر إلى توقف التمثيل الضوئي ، وهذه الإشارة مسئول عنها سيتوكينينات الجذور . ومما يدعم هذا الرأي التكوين الكثيف للجذور الجانبية تحت ظروف الإجهاد حيث تكون التراكيب الوراثية ذات المجموع الجذري الأكبر حجماً ، أفضل في تجنب إجهاد نقص العناصر مقارنة بالتراكيب الوراثية ذات المجموع الجذري الأقل حجماً . ولقد أوضح Kuang-RuiBin وآخرون (2005) وجود إرتباط قوي بين محتوى سيقان فول الصويا من النيتروجين في 57 سلالة مع صفات وزن الجذور وطول الجذور والمسطح النوع للجذور.

ثالثاً: الصفات الفسيولوجية Physiological characters

1- البقاء أخضر ومحتوي الكلوروفيل

Stay green and chlorophyll content

تلعب تصفة طول فترة حياة الأوراق والبقاء أخضر دوراً معنوياً في قدرة الأصناف على تحمل ظروف الإجهاد البيئي ونقص العناصر الغذائية . ولقد أشارت الدراسات إلى وجود 50 % من طول فترة حياة الورقة خلال فترة إمتلاء الحبوب في النجيليات و 90 % خلال فترة تكوين الجذور والدرنات في بنجر السكر والبطاطس. ويسهم وجود مساحة خضراء للأوراق بعد الأخصاب في تحسين محصول الحبوب ، إذ يسهم التمثيل الضوئي بعد الأخصاب بحوالي 80-90 % من الكربوهيدرات المتراكمة في حبوب القمح ، في حين يسهم التمثيل الضوئي قبل الأخصاب بـ 10-20 % فقط (Spiertz and Vos , 1985) .

ولقد مثلت صفة البقاء أخضر وبطء شيخوخة الأوراق وزيادة عدد الأوراق الخضراء للنبات ، أهمية في تحمل هجن الذرة الشامية لإجهاد نقص النيتروجين ، وقد سجل رضوان وآخرون (2001) ارتباط موجب ومعنوي بين غلة الحبوب وكل من تركيز الكلوروفيل ومساحة الأوراق والبقاء أخضر والمحصول البيولوجي ، تحت ظروف نقص النيتروجين .
كما يرتبط محتوى الكلوروفيل الكلي بالأوراق وتحمل أصناف الأرز لنقص عنصر الحديد (Das and Baruah , 2003).

2- ثبات غشاء الورقة Leaf membrane stability

تعتبر صفة ثبات الغشاء الخلوي والقدرة على الاحتفاظ بالماء تحت ظروف إجهاد التغذية واحدة من الصفات الفريدة في تحمل التراكيب الوراثية لنقص العناصر الغذائية ، لذا فهي مفيدة كصفة إنتخابية في برامج غربلة وإنتخاب السلالات لتحمل نقص العناصر الغذائية . ولقد أوضح Deshmukh ومعاونوه (2003) أهمية سلامة الغشاء الخلوي في تحمل إجهاد نقص العناصر الغذائية في نباتات المحاصيل.

3- كفاءة الميتوكوندريا Mitochondria efficiency

تبذل النباتات طاقة أعلى تحت ظروف الإجهاد لاستخلاص حاجتها من العناصر الغذائية . وتعتبر كفاءة الميتوكوندريا في الإمداد بالطاقة اللازمة لامتصاص العناصر الغذائية من الأراضي الفقيرة من الخصائص الفسيولوجية الهامة لتحمل نقص العناصر . وهو ما سجل في أصناف القمح والراي والذرة الشامية الأكثر قدرة على إمتصاص والاستفادة من الفوسفور تحت ظروف الأراضي الفقيرة في العنصر (عن : Gupta, 1997) .

4- الإنتاج العالي من المادة الجافة High dry matter production

يعتبر الإنتاج العالي للصفة المحصولي من المادة الجافة لوحدة المساحة، من المؤشرات المحددة لكفاءة النبات في الاستفادة من العناصر الغذائية. وبمفهوم المحاصيل تعتبر الاختلافات في محصول للتراكيب الوراثية المنزرعة في تربة ذات إمداد غير كاف من العناصر إنعكاس لتباين كفاءة الأصناف في الاستفادة من العناصر الغذائية والذي يرتبط بنمو ونشاط الجذور والانتقال من الجذور إلى السيقان ، وهو ما سجل في أصناف الذرة الشامية الكفاء في الاستفادة من الفوسفور (Elliott and Lauchli , 1985) ومحاصيل البقول الكفاء في الاستفادة من البوتاسيوم (Shea *et al.* , 1967) . وتجدر الإشارة إلى أن زيادة المحصول في الأصناف عالية الإنتاجية إنما يرجع إلى حد كبير إلى تحسن دليل الحصاد ، وربما يحد هذا من توزيع المادة الجافة لنمو الجذور في الأصناف عالية الإنتاجية . ومن ثم ، في مثل هذه الحالة وحيث يعتبر المجموع الجذري آليه هامة لمقاومة نقص العناصر ، فقد يتعارض المحصول العالي مع المقاومة لنقص العناصر.

رابعاً : الصفات الكيموحيوية Biochemical characters

1- النشاط الانزيمي Enzyme activity

يتأثر النشاط الانزيمي بالتركيزات المتباينة من العناصر الغذائية في وسط النمو . ولقد لوحظ تبايناً واضحاً بين أنواع المحاصيل في النشاط الانزيمي تحت ظروف إجهاد العناصر . وعند دراسة كفاءة إمتصاص الفوسفور المعلم (P^{32}) وعلاقته بنشاط إنزيم الفوسفاتيز الحامضي ، لوحظ إختلاف واضح بين الترتيكال وأبوية القمح والراي ، حيث كان الترتيكال وسطاً بين أبويه وتمتع

الراي بكفاءة أعلى للفوسفور مقارنة بالأنواع الأخرى وكان مستوى النشاط الانزيمي مرتفعاً في الراي يليه القمح ثم الترتيكاو ووجد Pandey and Singh (2003) علاقة موجبة ومعنوية بين نشاط الانزيم وكل من الوزن الجاف للجذور ومحتوى الفوسفور الكلي في النبات في جميع الأنواع . وبالرغم من أن الراي كان هو الأكثر كفاءة للفوسفور تحت ظروف نقص العنصر ، فقد أظهرت الصفات المرتبطة بكفاءة إمتصاص والاستفادة من الفوسفور في الترتيكاو تورثياً أعلى من القمح مقارنة بالراي.

ويحدث تحسن في النمو والمحصول مع زيادة نشاط أنزيم Nitrate reductase وصافي التمثيل الضوئي والتوصيل الثغري ومحتوي البروتين الذائب بالورقة ، حيث أوضح Burman وآخرون (2003) أهمية تكامل الحالة الغذائية للنبات والحالة المائية في تحسين النمو ومحصول أصناف الكانولا تحت ظروف الرطوبة المنخفضة.

الاختلافات الصنفية ومصادر التحمل لنقص العناصر

Genetic Variability and Sources for Mineral Deficiency Resistance

يمكن الحصول على المصادر الوراثية المقاومة لإجهاد نقص العناصر من الأصناف المنزرعة أو السلالات البرية أو الأنواع القريبة أو الطفرات. وتعتبر الأصناف المنزرعة من المصادر الهامة لمقاومة إجهاد نقص العناصر والتي تم تربيتها في مساحات بها نقص في بعض العناصر الغذائية.

القمح Wheat

تتباين سلالات وأصناف القمح في إستجابتها للعناصر الغذائية حيث كانت التراكيب الوراثية 9 LR وسخا 69 وجميزة 5 وجميزة 7 أكثر كفاءة وإستجابة للتسميد الأزوتي وكانت السلالة 20 LR والصنف سخا 93 وجميزة 9 أكثر كفاءة وعديم الاستجابة والصنف بني سويف 2 وبني سويف 3 أقل كفاءة وأكثر إستجابة . في حين كانت الأصناف جيزة 164 وجيزة 168 وسوهاج 2 أقل كفاءة وأقل إستجابة . وتعتبر اصناف المجموعة الأولى هي المفضلة لمربي النبات نظرا لقدرتها على الإنتاج العالي سواء تحت ظروف نقص أو زيادة الآزوت (Abd EL Ghani and Awad 1999) .

كما كان صنف القمح المصري جميزة 9 أكثر كفاءة في الإستفادة من الآزوت متفوقاً على الصنف سخا 93 في المحصول تحت مستوي 70 و 120 كجم ن / للفدان ، كما كان هو الأكثر تميزاً تحت مستويات صفر ، 20 ، 40 ، 60 كجم فو 2 أ 5 / فدان (Ahmed, 2008) .

وإنفرد صنف القمح 343 PBW بأفضل صفات مورفولوجية وفسيولوجية تحت إجهاد نقص عنصرى النيتروجين والفوسفور ، بينما كانت الأصناف UP 2338 , WH 533 حساسة (Kumar *et al.* , 2003b) .

وقد أعطت أصناف القمح DSN-48 , A-d -119 Kanchan , محصولاً عالياً تحت ظروف إجهاد الماء والفوسفور مقارنة بالأصناف Ad-78 , DSN-34 , SAN-118 , SAN-92 (Sultana *et al.*, 2001).

وكان صنف قمح الخبز العالمى Chinese Spring أكثر كفاءة للنحاس من الصنف Gabo وأظهر هجين التريكال كفاءة عالية للنحاس مشابهاً في ذلك للآب (الرأي) في دلالة على أن انتقال الميكانيكيات المتخصصة في إمتصاص النحاس واقعة تحت نظام التحكم الوراثة (Graham *et al.* , 1981).

هذا وقد تميزت أصناف القمح Sonalika , Sonora 64 , Fang -60 HDW-234 , De Mai - 86 -22 بتحملها العالي لنقص البورون ، في حين كانت الأصناف BOW / BUT , SERI/ THS , Gleannson, SW-41 , UHU أكثر حساسية لانخفاض مستوى البورون في التربة (Subedi *et al.*, 1997) .

ويعتبر صنف قمح المكرونة 2 Stojocri أكثر تحملاً لنقص المنجنيز من الصنف الحساس Hazar ، علاوة على ذلك فقد وضح تميز صنف القمح Vaishali , ADT -56 بجذور دقيقة ومسطح نوعي عالي تحت ظروف نقص الزنك Zn- عن ظروف زيادة العنصر Zn + (Kumer *et al.*, 2003a) .

الشعير Barley

أظهرت تجارب المقارنة لصنفى الشعير Kajsa , Hellas المختلفين في الاحتياجات الأزوتية في محلول مغذي بإمداد أمثل و 10 و 25% من المستوى

الأمثل ، تفوق الصنف Kajsa الأقل احتياجاً للنيتروجين Low - N- requiring بإنتاج مادة جافة أكثر وإستخدام النيتروجين بكفاءة أعلى عن الصنف Hellas تحت جميع مستويات التجريب . وتحت ظروف نقص النيتروجين حدث تثبيط عالي للتفرع في الصنف Kajsa عن الصنف Hellas وعند المستويات الأعلى حدث تطور للصنف Kajsa ببطء وكان أعلى إنتاجاً للأشطاء من الصنف Hellas (Perby and Jensen , 1987) .

وعند غربلة 82 صنف من الشعير لتحمل نقص المنجنيز تحت ظروف التسميد الجيد بدون منجنيز ، وجدت إختلافات صنفية وأظهر 10 أصناف تحملاً عالياً لإجهاد نقص المنجنيز قسمت إلى ثلاث مجاميع وراثية تتبع في نسبها سلالات برية إنجليزية (Sparrow et al. , 1983) .

وعلى الجانب الآخر ، أظهر صنف الشعير الأجنبي Skiff درجة متوسطة من التحمل لنقص عنصر الزنك ، في حين كان الصنف Forrest حساساً للعنصر (Genc et al. , 2003) .

الأرز Rice

تعتبر أصناف الأرز الهندية أعلى كفاءة في معدل إمتصاص النترات ونشاط انزيم Nitrate reductase عن الأصناف اليابانية ، وعلى ذلك تبدو الأصناف الهندية أكثر قدرة على تحمل محتوى التربة المنخفض من النيتروجين. وقد لوحظ تبايناً في معدل إمتصاص ومحتوي النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم بين 18 تركيب وراثي من الأرز وبعض السلالات الطفرية وآباءها وتفاوتت في هذا بعض السلالات الطفرية (Alam et al. , 1989) .

وفي تجارب تقييم سلالات أبوية وهجنها من الأرز فيما يتعلق بكفاءة إمتصاص النيتروجين PRH6(P6B, PRR 78),PRH10,(P5B x PRR 80)

أظهرت الهجن PRH_{10} , PRH_6 كفاءة أعلى في إمتصاص النيتروجين عن الآباء، وبلغت تقديرات قوة الهجين 30.5 % و 25.2 % والسعة التبادلية الكاتيونية للجذور عند مرحلة نشوء النورات 13.53 و 13.26 سنتيمول / كجم نربة للهجينين ، على الترتيب . وكانت الهجن بصفة عامة أعلى معنويا من الأبوين (Mondal and Pal , 2003) .

هذا وقد تميزت أصناف الأرز . 18 – UPRI-99 , Tilakchandan , UPRI-1561-6-3 , Vamni, LiH-98-1 بالتحمل لمستويات البوتاسيوم المنخفضة (5 كجم / هكتار) ، بينما كانت الأصناف – UPRI , Saket-4 , Jaya, Babunand, 1230 – 9-2 متحملة للمستويات المنخفضة من الزنك ، والأصناف 1-31-1840-UPR , Superbasm متحملة للمستويات المنخفضة من كل من البوتاسيوم والزنك (Shukla et al. , 2003) .

وعند غريلة 80 سلالة من الأرز لكفاءة الحديد ، كان الصنفان IET 7972 , IET 7973 أقل تحملا لنقص الحديد ، في حين كانت الأصناف Br 34 , Br 4 , Tca 84 متوسطة التحمل (Singh and Singh , 1984) . وكان صنف الأرز Padma , Jaya أكثر حساسية لنقص الزنك ، في حين كان الصنف Masuri أكثر تحملاً (Dangarwala and Patel , 1981) وأظهرت الأصناف IR 36 , IR 8192 , IR 34 كفاءة للزنك ، في حين كانت الأصناف Ce 64-7 , Erjiufeng , IR 26 عديمة الكفاءة للزنك (Wang et al. , 2004) .

الذرة الشامية Maize

عند تقييم 10 سلالات و 45 هجين من الذرة الشامية في البرازيل تحت مستوى كافي (120 كجم ن / هكتار) وغير كاف (10 كجم ن / هكتار) ،

أظهرت السلالة L2 والهجن L1 x L2 , L3 x L7 , L7 x L10 تميزاً في كفاءة استخدام النيتروجين والمحصول (Gomes *et al.* , 2002) .

هذا وقد تميزت سلالة الذرة الشامية Oh 43 بكفاءة للكالسيوم ، في حين كانت السلالة A 251 عديمة الكفاءة ، وكانت السلالة B57 ذات كفاءة للمنجنيز، في حين افتقدت السلالة Dh 40B إلى القدرة على إنتقال المنجنيز إلى اللقمة (Clark , 1976) .

وقد سجل Brkic وآخرون (2003) إختلافات معنوية في محتوى حبوب نسل 28 هجين لذياليل الذرة الشامية بين ثماني آباء متباينة في المنشأ ، من 13.6 – 30.3 مجم / كجم للحديد ، 16.0 – 23.6 للزنك ؛ 0.57 – 3.00 للنحاس ؛ 1019 – 1466 للماغنسيوم ومن 6.38 – 11.01 مجم / كجم للمنجنيز في الحبوب.

الذرة الرفيعة Sorghum

عند تقييم مجموعة من جيرمبلازم الذرة الرفيعة لكفاءة إمتصاص الفوسفور بزرعتها في محاليل مغذية ، كان معدل الامتصاص أعلى في النباتات الصغيرة عن الكبيرة وتميزت الأصناف جيدة النمو عند مستوي الفوسفور المنخفض بمستويات منخفضة من الفوسفور الممتص مقارنة بالنباتات الضعيفة النامية تحت نفس الظروف ، حيث وجد Furlani وآخرون (1982) أن الصنف BB 9040 كان أكثر تحملاً لانخفاض الفوسفور والصنف SC 33-9-8-E-4 كان الأقل تحملاً تحت الامداد المنخفض من الفوسفور.

ولقد أظهر صنف الذرة الرفيعة شندويل 2 كفاءة أعلى في الاستفادة من البوتاسيوم تحت المستوي المنخفض 24 والمتوسط 48 والعالي 72 كجم بوز 2 أ / فدان مقارنة بالصنف دورادو (Abdel Mawly *et al.* , 2005) .

كما تباينت أصناف الذرة الرفيعة في القدرة على البقاء أخضر والنمو والتطور تحت ظروف نقص الحديد ، حيث وجد *Esty* ومساعدوه (1980) تبايناً في كفاءة الاستفادة من الحديد بين آباء وهجن الجيل الأول وأظهرت الهجن (AT x 378) و (RT x 2536) كفاءة أعلى في استخدام الحديد ، وتميز الهجين RT x 7000 بكفاءة أعلى في الاستفادة من الحديد.

وفيما بين 46 سلالة من أمريكا و 10 من نيجيريا ، وجد *Yusuf* (1981) أن الأصناف الأمريكية ، K55 , SC 33-9-8EA, SC 419 , SD 106, TX 412, Plainsman RZ 1, KANOL 1 والأصناف النيجيرية كانت متحملة لنقص الحديد . كما كان صنف السورجم TX 430 متحملاً لنقص الحديد ، في حين كان الصنف IS 2219B حساساً لنقص العنصر (Mahmoud et al. , 2005) .

الترمس *Lupine*

أشارت تجارب تقييم مجموعة من جيرمبلازم الترمس تحت مستوى صفر و 30 كجم نيتروجين للهكتار إلى وجود اختلافات وراثية بين الأصناف ، حيث زاد محتوى بروتين البذرة في السلالتين *Kalya* , *Myallie* ، وزاد محصول البذرة في السلالتين *Tanjil* , *Belara* . كما تميزت السلالة WALAN 2053 بالقدرة على الاستفادة من النيتروجين المضاف في صورة زيادة محصول البذور ومحتوي البروتين (Palta et al. , 2002).

الحمص *Chickpea*

تميزت تراكيب الحمص الوراثية BG 372 , BG 256 , BGM 531 بكفاءة الاستفادة من الحديد *Fe-efficient* ، بينما كانت السلالات BG1097,

(Singh *et al.*, Fe-inefficient كفاءة عديمة Pant G114 , KPG 1168
2003a) . وتميزت التراكيب ذات الكفاءة بارتفاع الوزن الجاف للمجموع
الخضري وتركيز الصبغات ومحتوي البروتين الذائب ونشاط إنزيم الكتاليز
والبيروكسيديز ومحتوي الفينول الكلي ومحتوي الحديد النشط مقارنة بالتراكيب
الأقل كفاءة عند عمر 75 يوم .

الفول السوداني Peanut

تميزت سلالات الفول السوداني , GG 5 , NRCG Acc 7085-1 ,
6919 , 1308 , 3498 , SP 250A بكفاءة عالية للفوسفور ، حيث أنتجت
أعلى محصول من القرون تحت ظروف الحقل والصوبة ، في حين كانت
السلالات VR I3 , 18057 , 20012 , 1395 , PBS16003 عديمة الكفاءة
للفوسفور وأنتجت أقل محصول تحت هذه الظروف (Singh , 2003) .
وأظهرت سلالات فرجينيا 71-234 , 71-238 قدرة عالية على
إمتصاص الحديد عن صنف المقارنة Shulamiti (Hartzook , 1982).

فول الصويا Soybean

عند زراعة سلالات فول الصويا CN 4 , XM 6 و 88 سلالة في الجيل
التاسع تحت ظروف من محتوى الفوسفور متوسط الانخفاض ، تميزت السلالة
XM 6 بارتفاع كثافة الشعيرات الجذرية وطول الشعيرات الجذرية لوحدة
الجذور مقارنة بالسلالة CN 4 (Lide *et al.*, 2004) .
وبالنسبة للبوتاسيوم ، وعند تقييم خمسة أصناف لمحصول البذرة ، أظهر
الصنف Bragg كفاءة أعلى في معدلات النمو وإنتاج محصول البذرة عند

المستويات المنخفضة من البوتاسيوم الميسر مقارنة بالأصناف الأخرى (Sale and Campbell , 1987) .

ويعتبر الصنف Hawkeye مصدراً وراثياً هاماً لمقاومة نقص عنصر الحديد (عن : Singh, 2004) .

السهم Sesame

تفوق الصنف المحلي توشكي 1 وجيزة 32 على الصنف شندويل 3 في كفاءة الاستفادة من العناصر الصغرى ، الحديد والزنك والمنجنيز ، حيث أنتجا أعلى محصول زيت وبذرة للفدان . وتفوق الصنف جيزة 32 على الصنفين توشكي 1 وشندويل 3 في محتوى البذرة من الزيت (Abo El-Wafa and Abd El – Lattief , 2006) .

الباب السادس

السلوك الوراثي لتحمل نقص العناصر

في المحاصيل الحقلية

Genetic Behaviour of Mineral Deficiency Tolerance in Field Crops

يتباين السلوك الوراثي المتحكم في تحمل و / أو مقاومة إجهاد نقص العناصر الغذائية حسب التركيب الوراثي للسلاسل الأبوية الداخلة في عملية التهجين ولقد ذكر Graham (1984) أن وراثية تغذية النبات بصفة عامة تبدو صفة معقدة للعناصر الكبرى وبسيطة نسبياً للعناصر الصغرى ، كما أشارت التقارير البحثية إلى أن كفاءة المحاصيل في الاستفادة من العناصر المغذية ، مسئول عنها عديد من التأثيرات غير المباشرة للصفات المرتبطة مثل حجم المجموع الجذري وطول فترة حياة النبات ومعدل نمو وحجم النبات . وتلعب قوة الهجين دوراً ثانوياً في إمتصاص العناصر ونمو وتطور النبات.

وفيما يلي إستعراض للسلوك الوراثي وطبيعة الفعل الجيني المتحكم في وراثية مقاومة المحاصيل الحقلية لإجهاد نقص العناصر الغذائية :

القمح Wheat

العناصر الكبرى : أظهر تحليل دياليل القمح في الجيل الأول F_1 والثاني F_2 بين 10 أصناف متباينة في تركيبها الوراثي ومنشأها الجغرافي ، مع إستبعاد الهجن العكسية والتي أجراها (Sastry and Dhayal (2003 أهمية كل من الفعل الجيني المضيف وغير المضيف مع دور أكبر للفعل المضيف للجينات في

وراثية كفاءة إمتصاص العناصر المغذية لكبرى من النيتروجين والفوسفور والبتاسيوم . وقد أظهرت الأصناف Job 666, K-64, Rajasthan قدرة إئتلافية عامة لكفاءة إمتصاص العناصر تحت الدراسة . في حين أوضح **Barriga and Proschle (1996)** سيادة الفعل الجيني غير المضيف في وراثية كفاءة الاستفادة من الفوسفور في القمح .

ولقد كن معامل التوريث وللتحسين الراثي المتوقع بالانتخاب عالياً لعدد الأيام من الزرعة حتى طرد السنابل ، ومنخفضاً لصفات الإنتاج الكلي من المادة الجافة / نبات وارتفاع النبات ، عدد الأشتاء الكلي / نبات ومحصول حبوب النبات تحت إجهاد الفوسفور وإجهاد الرطوبة (**Sultana et al., 2001**) .

وتقع الجينات المتحكم في تمثيل النيتروجين من التربة والأسمدة على الكروسومات 4BS , 5AS , 6BL في الصنف Saratovskaya والكروموسوم 6BL في الصنف Diamant (**Gamzikova and Maistrenko, 1991**). العناصر الكبرى والصغرى : ويتحكم الفعل الجيني المضيف في وراثية كفاءة إمتصاص وتراكم عناصر الفوسفور والبتاسيوم والماغنسيوم والنحاس واليورون والزنك والمنجنيز والألومنيوم والحديد ، بمعامل توريث مرتفع ، وقد أظهر البوتاسيوم توريثاً أكثر تعقيداً (**Gorsaline et al. , 1964**) . ويتحكم الجين *Ku* في كفاءة إمتصاص أصناف القمح البوتاسيوم تحت ظروف الأراضي السودية (عن : **Singh , 2004**) .

وقد ورثت كفاءة أصناف قمح المكرونة في الاستفادة من المنجنيز كصفة بسيطة وراثية (**Graham , 1988 and McCarthy , 1988**) . ويتحكم الفعل الجيني المضيف في وراثية كفاءة الاستفادة من العنصر ، مع وجود إثنين من الجينات على الأقل تحكم وراثية الصفة في الهجين Stojocriz / Hazar (**Khabaz –Saberi et al., 1999**) ، وحصل الباحث ومعاونوه في دراسة

مقدمة عام (2002) على تقدير مرتفع لمعامل التوريث بالمعنى العام (78%) لكفاءة الاستفادة من المنجنيز.

ويستحكم الفعل الجيني المضيف في وراثته التحمل لنقص البورون مع تقديرات مرتفعة لمعامل التوريث في إثنين من الهجن بين آباء متباينة ، إثنان متحملة وإثنان حساسة تحت ظروف نقص البورون في بيئة رملية ، في دلالة على جدوى الانتخاب المباشر لتحمل نقص البورون (Jamjod et al., 1992).

الشعير Barley

العناصر الكبرى : قام Gorny بعدد من الدراسات الهامة لتبيان طبيعة الفعل الجيني المتحكم في وراثته كفاءة الاستفادة من العناصر الغذائية في الشعير، حيث أوضح في دراسته عام (1999) أهمية تأثيرات كل من الفعل الجيني المضيف وغير المضيف في وراثته كفاءة الاستفادة من النيتروجين والفوسفور في مرحلة البلعمة.

ولقد دلل Gorny عام (2000) على مجموعة من ديايل الشعير تحت مستويين أحدهما عالي والآخر منخفض من النيتروجين والفوسفور في مزارع Sand – Vermiculite على أهمية كل من تأثيرات القدرة العامة والخاصة على الائتلاف في وراثته الطول الكلي والوزن الجاف للجذور عند مرحلة النمو الخضري . وكانت تأثيرات الفعل الجيني غير المضيف والتفوق هي الأكثر أهمية في وراثته الوزن الجاف للجذور مع تقديرات منخفضة لمعامل التوريث تحت ظروف الإجهاد ، في حين كان تأثير الفعل الجيني المضيف هو الغالب في وراثته طول الجذر وكفاءة إمتصاص الجذور . وتباينت تقديرات معامل التوريث في المعنى الخاص من 18-62% لصفات الجذور تحت ظروف نقص التغذية،

ففي إشارة إلى إمكانية تحسين قدرة جذور نباتات الشعير على تحمل ظروف التغذية الأقل ملائمة عن طريق الانتخاب.

وإستكمل (Gorny and Sodkiewicz 2001) الدراسة على تجربتي ديايل (5 x 5) و (6 x 6) ، حيث إتضح سيادة تأثيرات القدرة العامة على الائتلاف وأهمية الفعل الجيني المضيف في وراثية كفاءة الاستفادة من النيتروجين والفوسفور ، وتراوحت تقديرات معامل التوريث في المعنى الخاص تحت الظروف المثلي (من 33 إلى 88 %) في حين إتجهت إلى الانخفاض (صفر إلى 36 %) تحت ظروف نقص العناصر والإجهاد الرطوبي .

جدول (2 - 19) : معامل التوريث في المعنى الخاص لنسبة كفاءة النيتروجين (NER) والفوسفور (PER) ودلائل كفاءة الاستفادة للنيتروجين (NUE) والفوسفور (PUE) في الشعير ، تحت ظروف التجريب الحقل .

التجارب	المعاملة	NER	PER	NUE	PUE
Exp.1	Control	0.328	0.810	0.598	0.775
	Low NPK	0.000	0.036	0.299	0.258
	Drought	0.092	0.172	0.129	0.233
Exp.2	Moderate NPK	0.222	0.399	0.568	0.539
	Low NPK	0.364	0.000	0.061	0.078

(عن : Gorny & Sodkiewicz, 2001)

العناصر الصغرى : وجد أن تحمل نباتات الشعير لنقص الزنك صفة بسيطة يتحكم فيها جين فردي ، حيث أشارت نسب الانعزال في الجيل الثاني للهجين بين الصنف Skiff المتحمل لنقص الزنك والصنف Forrest الحساس إلى انطباقها على النسبة 1 : 2 : 1 ، في إشارة إلى أن تحمل نقص الزنك يحكمه جين فردي

مع عدم وجود سيادة ، وتمشى ذلك مع نتائج التحليل الوراثي لعائلات الجيل الثالث (Genc *et al.* , 2003) .

وقد أمكن تحديد موقع وراثي رئيسي يحكم كفاءة الاستفادة من المنجنيز على الكروموسوم HS 4 في الشعير (Khabaz – Saberi *et al.* , 2002)، مع احتمال وجود مواقع أخرى مسئولة عن كفاءة أصناف الشعير الأخرى في الاستفادة من العنصر (Pallotta *et al.* , 2000) .

وجد جين فردي متنحي يتحكم في عدم قدرة نباتات الشعير على إمتصاص الماغنسيوم (عن : Singh , 2004) .

الأرز Rice

العناصر الكبرى : أظهرت نتائج السلوك الوراثي لهجن الجيل الأول F1 بين ستة أصناف من الأرز ، وجود قوة هجين لكفاءة إمتصاص عنصرى النيتروجين والبوتاسيوم (Ichii and Nakamura , 1990) .

تعتبر المقدرة على التنشيط تحت ظروف نقص الفوسفور معياراً إنتخابياً للحكم على تحمل أو عدم تحمل نقص العنصر ، ويتحكم الفعل الجيني المضيف والسيادي في وراثة القدرة على تحمل نقص الفوسفور ، وقد أظهرت الأصناف الأبوية Mahsuri, IR 20, IR 54 قدرة عامة جيدة على الائتلاف وتميزت الأصناف الأبوية من أرز الأراضي المنخفضة Mahsuri, IR 20, IR 28, IR 54 بجينات متنحية لكفاءة الفوسفور (Chaubey *et al.*, 1994) .

العناصر الكبرى والصغرى : أشار تحليل الدياليل بين سبعة أصناف من الأرز زرعت تحت ظروف الأراضي المرتفعة والتي تعاني من نقص عنصر الفوسفور إلى أهمية التأثير المضيف للجينات مع بعض تأثيرات السيادة في وراثة

إمتصاص عناصر الكالسيوم والماغنسيوم والحديد والمنجنيز والزنك ،وقد سجلت قوة هجين لكفاءة الاستفادة من هذه العناصر (Majumdar et al., 1990) .

يتضح أهمية الفعل الجيني المضيف مع وجود تأثيرات أمية مضيضة وسيادية في وراثية محتوى حبوب الأرز من الفوسفور ، وكان المكافئ الوراثي في المعنى الخاص متوسطاً لمحتوي الفوسفور وعالياً لمحتوي كل من الحديد والزنك والمنجنيز في الحبوب (Zhang et al., 2004a) .

وفي تجارب معهد بحوث الأرز الدولي ، للهجن بين أصناف متباينة في تحملها لإجهاد الزنك ، كان توزيع نباتات الجيل الثاني يتبع التوزيع الطبيعي وسلكت صفة التحمل لإجهاد نقص الزنك سلوك الصفات السائدة بمعامل توريث مرتفع (68%) في الهجين IR 20 x E 425 و (48%) في الهجين IR 30 x E 425 (Mahdevappa et al., 1981) .

وفي دياليل الأرز لخمسة عشر هجين بين ثلاثة أصناف كفاء Efficient وثلاثة أصناف عديمة الكفاءة Inefficient لدراسة وراثية الصفات المرتبطة بكفاءة الاستفادة من الزنك تحت ظروف المحاليل المغذية ، أوضح Wang ومساعدوه (2004) معنوية التأثير السيادي لصفات ، المحتوى الكلي من المادة الجافة للنبات ، الوزن الجاف للمجموع الخضري (السيقان) ، والوزن الجاف للجذور وعدد الأوراق ، وإرتفاع النبات وطول الجذر ، بنسبة 65% من التباين الكلي . وكان التباين الراجع إلى التأثير المضيف للجينات للصفات فيما عدا طول الجذر معنوياً ، بنسبة 21% ، وكان تأثير التفوق لطول الجذر معنوياً بنسبة 48% من التباين الكلي . وظهر أن الأهمية النسبية لطول الجذر عند المستوي المنخفض إلى العالي من الزنك يحكمه جينات ذات تأثير سيادي ومضيف ، في حين كانت الأهمية النسبية لعدد الأوراق وطول النبات والوزن الجاف لبادرات الأرز محكومة بتأثيرات الفعل الجيني المضيف.

الراي Rye

العناصر الكبرى : وجد أن كفاءة إمتصاص والإستفادة من عنصر الفوسفور في الراي يتحكم فيه جينات على 3 كروموسومات مختلفة من جينوم الراي (عن : Singh , 2004) .

العناصر الصغرى : وجد أن مقاومة نقص عنصر الزنك في الاجناس القريبة من القمح مثل الراي Secale والاجروبيرون *Agropyron* , *Haynaldia villosa* من *intermedium* من الصفات متعددة الجينات Multigenic character. ويتحكم في كفاءة الاستفادة من النحاس جينات واقعة على الذراع الطويل للكروموسوم 5R ومرتبطة مع صفة الغمد الشعري (Hp) (Kokurin et al., 1990) .

الذرة الشامية Maize

العناصر الكبرى : أشارت نتائج التحليل الوراثي لدياليل الذرة الشامية بين 7 سلالات نقية لـ El-Kalla وآخرون (2001) إلى أهمية تباين القدرة العامة على الائتلاف في وراثه دليل التحمل لنقص النيتروجين ، في حين كان تباين القدرة الخاصة على الائتلاف هو الأكثر أهمية في وراثه محصول الحبوب ومعدل الاستجابة للنيتروجين وكفاءة إستخدام النيتروجين تحت المستوى المنخفض (30 كجم ن / فدان) والمرتفع (120 كجم ن / فدان) . ولقد إتضح أهمية الفعل الجيني السيادة في وراثه جميع الصفات المدروسة ، عدا دليل التحمل لنقص النيتروجين ومعدل الاستجابة للنيتروجين ، حيث يحكماهما تأثيرات الفعل الجيني المضيف ويشير ذلك إلى أهمية الانتخاب لتحسين هاتين الصفتين . بلغت تقديرات كفاءة التوريث لصفتي البقاء أخضر وتركيز الكلوروفيل 60% و 66.5% ، على الترتيب تحت مستوى النيتروجين المنخفض

(30 كجم ن / فدان) في حين بلغت 40 % و 37.5 % تحت مستوى النيتروجين العالي (120 كجم ن / فدان) (Radwan et al. , 2001).

يتحكم في وراثية كفاءة أصناف الذرة الشامية في الاستفادة من الفوسفور جينات على الكروموسوم رقم 9 (عن : Singh , 2004).
ويغلب الفعل الجيني المضيف على وراثية كفاءة إستفادة بادرآت الذرة من الفوسفور والنامية تحت ظروف محلول مغذي منخفض في محتواه من العنصر (Furlani et al. , 1998).

العناصر الصغرى : يوجد إثنان أو ثلاثة من الجينات تتحكم في القدرة على تجميع الكالسوم والمنجنيز في الذرة الشامية (Gorsoline et al. , 1968) .
سُجلت تقديرات عالية لمعامل التوريث لمحتوي حبوب الذرة الشامية من النحاس والمنجنيز والزنك (Brkic et al. , 2004) .

يحكم كفاءة إستفادة نباتات الذرة الشامية من عنصر الحديد Iron- efficiency جين فردي رئيسي مع وجود عدد من الجينات الصغرى التي تؤثر على الصفة ، في حين يتحكم في عدم الكفاءة للحديد Iron-inefficiency جينات قريبة متتحة (عن: Singh , 2004) .

كانت تأثيرات القدرة العامة على الالتلاف معنوية وأكثر أهمية من تأثيرات القدرة الخاصة على الالتلاف في وراثية محتوى حبوب الذرة الشامية من الحديد والزنك (Long et al. , 2004) .

الذرة الرفيعة Sorghum

العناصر الكبرى : إتضح معنوية كل من الفعل المضيف والسيادى للجينات في تجميع وكفاءة الاستفادة من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم في الذرة الرفيعة (Gorz et al., 1987) .

أظهرت نتائج التحليل الوراثي لذياليل الجيل الأول والثاني والهجين العكسية لـ 6 سلالات طفيرية من الذرة الرفيعة ، أن كفاءة الاستفادة من الفوسفور تحت المستوى المنخفض من العنصر (الإجهاد) صفة وراثية يتحكم في وراثتها جين فردي سائد جزئياً (Spivakov , 1990) ، كما وجدت قوة هجين في صالح الاستفادة من الفوسفور متمثلة في الإنتاج العالي من المادة الجافة تحت ظروف نقص الفوسفور (Furlani et al. , 1987) .

العناصر الصغرى : أظهرت الدراسات الوراثية ، أن كفاءة الاستفادة من الحديد ~~من الحديد~~ Fe – efficient صفة وراثية سائدة أو فائقة السيادة ، وقد سجلت قوة هجين موجبة ومعنوية لكفاءة الاستفادة وأن هناك إمكانية لتحسين قدرة نباتات الذرة الرفيعة على تحمل المستوى المنخفض من الحديد في التربة (Esty et al., 1980 and Clark ,1982a) .

فول الصويا Soybean

العناصر الكبرى : بتقييم 88 سلالة في الجيل التاسع ناتجة من التهجين بين الصنف CN4 التابع لـ *Glycine max* والصنف M6 التابع لـ *G. soja* تحت مستوى متوسط الانخفاض من الفوسفور الميسر ، تبعت صفات كثافة الشعيرات الجذرية ، طول الشعيرات الجذرية وطول الشعيرات الجذرية لوحدة الجذور في سلوكها التوزيع الطبيعي ، في إشارة إلى التوريث الكمي بتقديرات منخفضة لمعامل التوريث لكثافة الشعيرات الجذرية ، بلغت 27.32 % ، 31.04 % ، 33.97 % للجذور القاعدية والجذر الأصلي (الوتدي) والجذور الكلية ، على الترتيب . في حين كانت تقديرات معامل التوريث أعلى لصفات طول الشعيرات الجذرية للجذور القاعدية ، والجذر الأصلي والجذور الكلية بقيم 53.85 ،

59.18 ، 60.98 % ، على الترتيب ، كما تأثرت بالبيئة ، *Lide et al.* ، (2004) .

وعند تقييم ديايل فول الصويا بين أصناف متحملة وأخرى حساسة للفوسفات ، وجد زوج من الآليات عند موقع وراثي واحد سمي Np ، np يحكم وراثية كفاءة الاستفادة .. وتُبدى النباتات ذات التركيب الوراثي $Np Np$ حساسية أقل لمستويات الفوسفات العالية ، بينما تكون النباتات ذات التركيب الوراثي $np np$ أكثر حساسية والخليلة $Np np$ وسطاً ، *Bernard and Howell* ، (1964) .

أمكن تعيين خمسة جينات $GmNRT_1$ ، $GmNRT_5$ في الصنف Williams تلعب دوراً حيوياً في إمتصاص وتمثيل النترات ، وتُعبّر الجينات $GmNRT 1-3$ في الجذور والأوراق ، بينما تُعبّر الجينات $GmNRT 1-2$ عند تطور الجذور في وجود الأمونيوم كمصدر للتيتروجين *Yokoyama et al.* ، (2001) .

العناصر الصغرى : أوضحت الدراسات الوراثية أن مقاومة نباتات فول الصويا لنقص عنصر الزنك يتحكم في وراثتها عدد من الجينات ، *Hartwig et al.* ، (1991) .

توجد جينات محورة مسئولة عن الإصفرار الناتج عن نقص عنصر الحديد *(Cianzio and Fehr , 1982)* ، ويوجد جين سائد Fe يحكم الاستفادة من الحديد وأن السلالات الأصلية للدليل المتحي fe تظهر عليها أعراض نقص الحديد *(Kokurin et al. , 1990)* .

أظهر التحليل الوراثي لعشائر الجيل الثاني والجيل الثالث من فول الصويا تحت الظروف الحقلية ، وجود إثنين من الجينات *Digenic* تحكم وراثية

التحمل لنقص عنصر المنجنيز ، مع تقديرات منخفضة لمعامل التوريث في المعني الخاص (Graham *et al.* , 1995).

زهرة الشمس Sunflower

عند إجراء التحليل الوراثي لتحمل نقص الماغنسيوم والكالسيوم بتهجين السلالة CMSHA 290 , RHA 274 المتباينة في الاستجابة للنسبة المنخفضة من Ca/Mg في محلول مغذي ، وتقييم الجيل الأول والثاني والهجن الرجعية تحت إجهاد الكالسيوم . أشارت النتائج أن الموديل الوراثي البسيط المضيف - السيادة هو الملائم لتفسير الاختلافات في التحمل مع سيادة التأثيرات الجينية المضيفة وكانت تقديرات معامل التوريث في المعني الخاص عالية للصفة وتراوحت من 74-82.7% (Alcantara and Guardia , 1987) .

استراتيجية التربية لتحمل نقص العناصر الغذائية والمحصول

Breeding Strategy for Nutrient Elements Deficiency Tolerance and Yield

يُعتبر إشتباط أصناف من المحاصيل الحقلية أقدر على تحمل إجهاد نقص العناصر الغذائية ، تعطى مستويات محصول مرضية ، من الأهداف الهامة التي يسعى إليها مربى النبات في برامج التربية .
وتجدر الإشارة إلى أهمية الانتخاب للصفات النباتية المرتبطة بكفاءة أصناف المحاصيل في تحمل نقص العناصر تحت ظروف من نقص محتوى التربة من هذه العناصر ، في حين يجرى الانتخاب للصفات المحصولية تحت الظروف الجيدة.

العلاقة بين العناصر الغذائية والمحصول

Relationship between nutrient elements and crop production

توجد اختلافات وراثية بين الأصناف في القدرة على إمتصاص وتجميع والاستفادة من العناصر الغذائية ، ومن ثم إنتاج محصول اقتصادي . ويعتبر وجود تلازم بين محتوى العناصر الغذائية والمحصول مهماً في تطوير أصناف من المحاصيل الحقلية عالية الإنتاجية . وتوجد عديد من الميكانيكيات والعمليات التي تسهم في كفاءة إستخدام العناصر منها :

1- التوزيع الفراغي والهندسي للجذور

2- درجة ذوبان العناصر في بيئة الجذور.

3- القدرة انعانية على إمتصاص العنصر من التركيزات المنخفضة له في محلول التربة.

4- تجزئ العناصر في النبات.

5- كفاءة الاستفادة أو الاحتياج الوظيفي المنخفض من العنصر .

ولقد نوه Gupta عام (2000) عن وجود ثلاث مشاريع بحثية على الأقل تهدف إلى تطوير كفاءة أصناف المحاصيل لامتصاص العناصر حققت نجاح على النطاق التجاري هي :

1- إنتاج أصناف من القمح كثيفة في محتوى الزنك Dense zinc لتحسين حالة العنصر بالنبات في الأراضي الفقيرة في الزنك ، وتزرع هذه الأصناف حالياً في أستراليا .

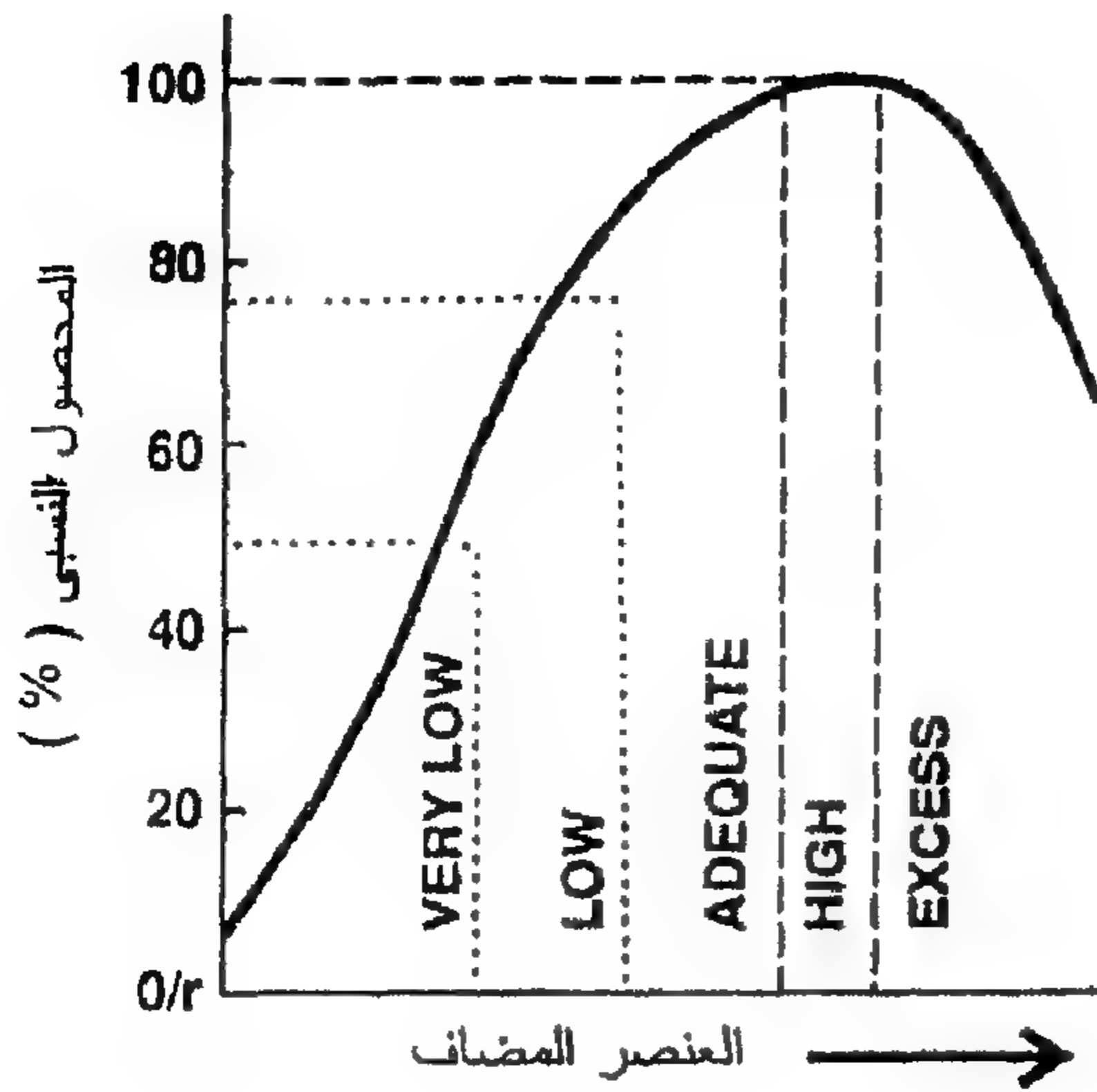
2- إنتاج أصناف من قمح المكرونة منخفضة في محتواها من الكاديوم لتلائم مقاييس الجودة التسويقية العالمية.

3- إنتاج أصناف من فول الصويا ذات كفاءة في الاستفادة من عنصر الحديد للتغلب على مشاكل الأراضي الفقيرة في العنصر في أمريكا.

ويعتمد تصحيح أعراض النقص على تحليل التربة كطريقة للتوصية باستخدام الأسمدة من عدمه ، على وجود علاقة دالية بين كمية العنصر المستخلص من التربة بالطرق الكيميائية وكمية المحصول . فعندما يشير تحليل التربة إلى وجود نقص في مستويات عنصر معين ، فإنه من المتوقع ، أن تؤدي إضافة هذا العنصر إلى زيادة في كمية المحصول.

ويوضح شكل (2 - 5) العلاقة النظرية بين إضافة العنصر والمحصول النسبي والذي يمكن حسابه من المعادلة الآتية :

$$\text{Relative yield (\%)} = \frac{\text{Yield of control or untreated plot}}{\text{Maximum yield of treated plot}} * 100$$



شكل (2 - 5) : العلاقة النظرية بين العنصر الغذائي المضاف والمحصول النسبي

ولقد قُسم تحليل العنصر إعتباطياً إلى منخفض جداً ، ومنخفض ومناسب ، وعالي ، وزائد . وتحت مستوى العنصر المنخفض جداً ، يكون من المتوقع إنخفاض المحصول النسبي لأقل من 50% ، ومن ثم فإن الإضافة الكبيرة من السماد بقصد تحسين التربة تعتبر ضرورية .

بعد إضافة العنصر ، يتوقع أن تكون إستجابة النمو واضحة ومفيدة . وتحت مستوى الخصوبة المنخفض ، فإنه من المتوقع أن ينحصر مدى المحصول النسبي بين 50 - 75% . وفي هذه الحالة فإن الإضافة السنوية للسماد تكون مطلوبة لإعطاء أقصى إستجابة وتحسين خصوبة التربة ، حيث تُبرر الزيادة في المحصول تكلفة السماد المضاف .

وعندما يشير تحليل التربة إلى المستوى المناسب Adequate level للعنصر ، فإنه يتوقع أن يكون مدى المحصول النسبي بين 75-100% ، وعلى ذلك يمكن التوصية بالإضافة السنوية العادية لإنتاج أقصى محصول . وفي هذه

الحالة فإن الإضافات الأكثر من السماد ربما تزيد المحصول بدرجة بسيطة ، غير أن المحصول الإضافي لا يوازي تكلفة السماد المضاف.

وتحت المستوي العالي من العنصر ، لا تحدث زيادة في المحصول ، ففي هذه الحالة تكون الإضافات القليلة من العنصر ضرورية للمحافظة على مستوى خصوبة التربة ، وتضاعف الكمية وتضاف بالتعاقب في السنوات التالية. وعندما يشير تحليل التربة إلى وجود مستويات عالية جداً وزائدة من العنصر ، فإنه ربما ينخفض المحصول نتيجة سمية أو عدم توازن العناصر . وفي هذه الحالة ليست هناك ضرورة لإضافة العنصر إلى أن يتراجع مستواه إلى المستوي المنخفض . وفي الأحوال المختلفة يكون من الضروري عمل تجارب تسميد لأصناف المحاصيل في عديد من المواقع تحت الظروف الزراعية والمناخية للمناطق المختلفة المزمع زراعة هذه الأصناف بها .

الدراسات التجريبية المتعلقة بكفاءة أصناف المحاصيل في

الاستفادة من العناصر الغذائية

Experimental studies related to efficiency of crop cultivars to response of nutrient elements

لقد أجريت عديد من الدراسات لتبيان الفروق في كفاءة أصناف المحاصيل في الاستفادة من العناصر الغذائية المتاحة سواء الكبرى أو الصغرى وأثر ذلك على المنتج المحصولي . ولما كان عنصر النيتروجين ، يعتبر من أهم العناصر الغذائية المحددة لزراعة وإنتاجية القمح في العالم ، حيث يجب أن نعلم أن كل 1 طن متري من حبوب القمح يحتوي على 21 كجم نيتروجين و 4 كجم فوسفور و 4 كجم بوتاسيوم. وإستناداً إلى ذلك ، فقد قام عبد الغني وعوض (1999) تحت الظروف المصرية بتقييم إستجابة إثنا عشر تركيب وراثي من

القمح منها 2 سلالة محلية و 7 أصناف محلية من قمح الخبز و 3 تراكيب وراثية من قمح الديورم في منطقة البستان جنوب التحرير. حيث تنسم هذه المنطقة بالنقص الواضح في محتوى التربة من العناصر الغذائية الهامة . وأستخدم مستويين من التسميد الأزوتي 70 و 240 كجم نيتروجين / هكتار حيث أمكن تقسيم التراكيب الوراثية إلى أربعة مجاميع بناء على دليل الاستجابة لمحصول الحبوب.

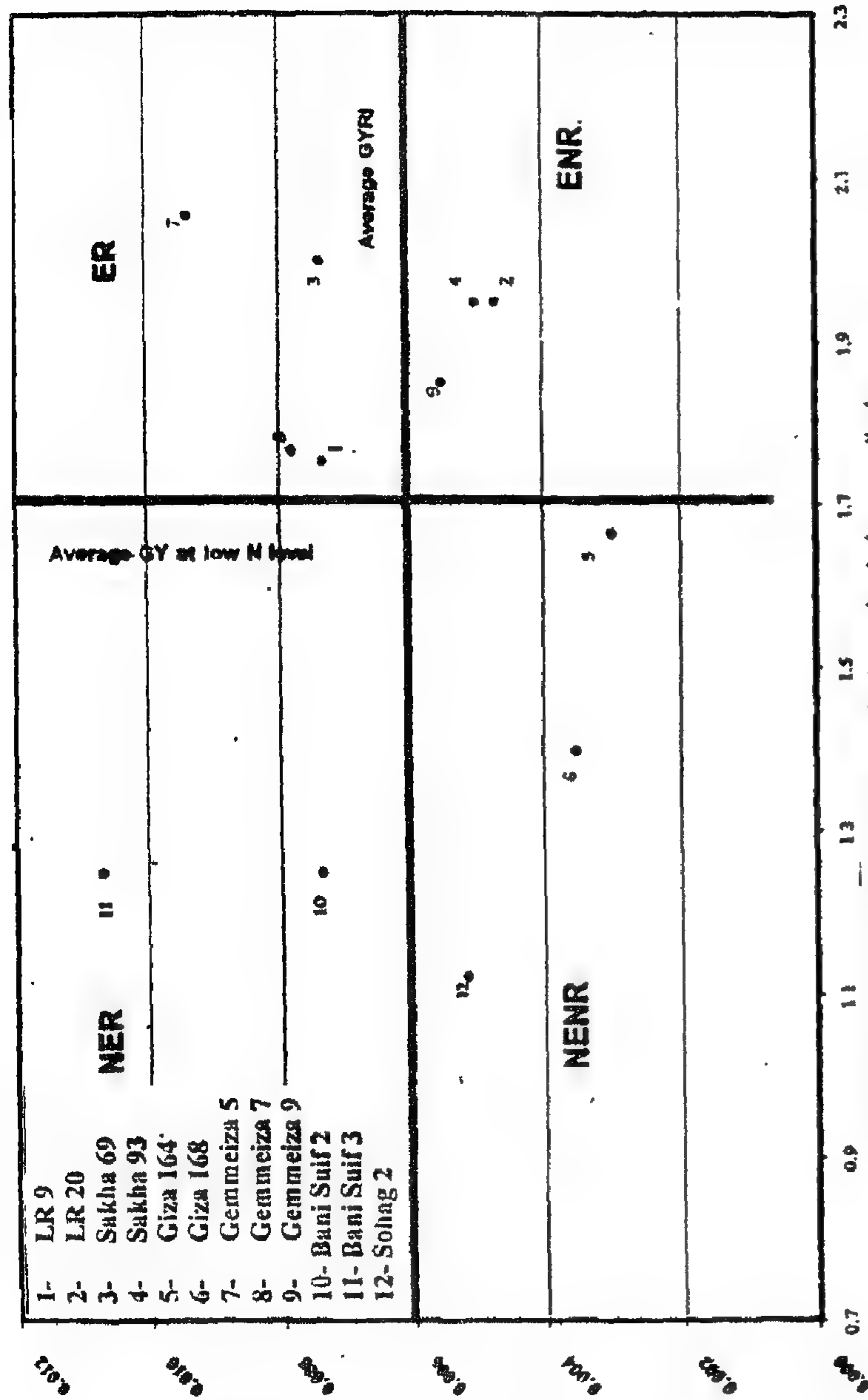
$$\text{Grain yield response index (GYRI)} = \frac{\text{Yield under high N} - \text{Yield under low N}}{\text{High N} - \text{Low N}}$$

طبقاً لـ Fageria and Barbosa Filho (1981) إلى الأقسام الآتية

(شكل 2 - 6) :

- 1- أصناف أكثر كفاءة وإستجابة ، مثل LR 9 وسخا 69 وجميزة 5 وجميزة 7 .
- 2- أصناف أكثر كفاءة وعديمة الاستجابة ، مثل LR 20 وسخا 93 وجميزة 9 .
- 3- أصناف أقل كفاءة وأكثر إستجابة ، مثل الصنف بني سويف 2 وبني سويف 3
- 4- أصناف أقل كفاءة وإستجابة ، مثل جيزة 164 وجيزة 168 وسوهاج 2 .

وتعتبر التراكيب الوراثية الأكثر كفاءة وإستجابة هي المفضلة لمربي النبات لقدرتها على الإنتاج العالي سواء تحت ظروف المدخلات الأقل أو الأعلى من النيتروجين.



محصول الحبوب (طن / هكتار) عند مستوى النيتروجين المنخفض

شكل (2 - 6) : طريقة غربية تراكيب القمح للوراثية لأجهلا التيرجين

تحت ظروف الأراضي المستصلحة حديثاً بمنطقة البستان خلال موسمي

التجريب 97 / 1998 ، 98 / 1999) عن : عبد الفتى وعوض ، (1999)

تفسير
ER
: إلى أن الصف أكثر كفاءة وإستجابة .

الصف: أكثر كفاءة وعلم الاستجابة. ENR

NER : الصف أقل كفاءة وأكثر استجابة.

الصف اقل كفاءة وإستجابة. : NENR

وفي الذرة الشامية ، أمكن تقييم مجموعة من الهجن التجريبية بين السلالات المستنبطة حديثاً بالإضافة إلى الهجن الفردية المنزرعة ، 10 و 122 و 124 و 129 والهجين الثلاثي 321 والصنف التركيبي جيزة 2 تحت ثلاث مستويات من التسميد الأزوتي 30 ، 60 ، 120 كجم ن / فدان . وقد أمكن تقسيم الهجن إلى أربعة مجاميع حسب تحملها لإجهاد نقص النيتروجين والاستجابة للنيتروجين المضاف (رضوان وآخرون 2001) على النحو التالي :

1- هجن عالية التحمل عالية الاستجابة High tolerance – High response group : والتي سجلت قيم متوسط محصول حبوب أعلى من المتوسط العام عند مستوي النيتروجين المنخفض والعالي .

2- هجن عالية التحمل منخفضة الاستجابة High tolerance–Low response group : والتي تعطي متوسطات محصول أعلى من المتوسط العام عند المستوي المنخفض من النيتروجين ، وتكون أقل من المتوسط العام عند المستوي العالي من النيتروجين.

3- هجن منخفضة التحمل عالية الاستجابة Low tolerance–high response group : والتي تسجل متوسطات محصول أقل من المتوسط العام تحت المستوي المنخفض من النيتروجين ، وتكون أعلى من المتوسط العام تحت المستوي العالي من النيتروجين.

4- هجن منخفضة التحمل منخفضة الاستجابة Low tolerance-low response group : والتي تعطي متوسطات محصول أقل من المتوسط العام تحت المستوي المنخفض والعالي من النيتروجين.

ولقد أجريت تجارب حقالية بمركز بحوث الأرز والبقول في البرازيل بهدف دراسة كفاءة استخدام عناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم في 13 تركيب وراثي من أرز المناطق المرتفعة وقدرت كفاءة استخدام العناصر

بالمعادلات سالفة الذكر ، حيث أمكن الحصول على النتائج الآتية (جدول 2-20)
(Graham , 1984 ; Lauchli , 1987 and Fageria *et al.*, 1997)

- 1- اختلفت كفاءة استخدام العناصر من تركيب وراثي إلى آخر .
- 2- كانت الكفاءة الفسيولوجية أكبر من الكفاءة المحصولية لكل من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم.
- 3- كانت الكفاءة الفسيولوجية للفوسفور والنيتروجين أكبر من الكفاءة الفسيولوجية للبوتاسيوم.
- 4- كانت الكفاءة المحصولية للفوسفور والبوتاسيوم أكبر من الكفاءة المحصولية للنيتروجين.
- 5- كانت الكفاءة الأجرافية للفوسفور أكبر من الكفاءة الأجرافية للنيتروجين والبوتاسيوم.
- 6- كانت كفاءة الاسترجاع الظاهري للبوتاسيوم والنيتروجين أكبر من كفاءة الاسترجاع الظاهري للفوسفور ، حيث كانت 70% للبوتاسيوم و 39% للنيتروجين ، في حين كانت 14% فقط للفوسفور . وبالتالي فإن كفاءة الاستخدام للفوسفور أعلى من النيتروجين والبوتاسيوم . وقد لوحظ أن كفاءة الاسترجاع الظاهري للبوتاسيوم وصلت في بعض الأصناف لأكثر من 100% وهذا يرجع لزيادة فاعلية البوتاسيوم الموجود أصلاً بالتربة، (Graham , 1984 and Lauchli , 1987) .

وتحت ظروف الأراضي الجيرية ، وإستناداً إلى قيم الارتباط الموجب والمعنوي بين محصول بذور الحمص وكل من الحديد النشط والوزن الجاف للمجموع الخضري ومحتوي الكلوروفيل والبروتين الذائب استخدم Singh ومساعده (2003a) تلك الصفات كمعايير للتفريق بين أصناف الحمص ذات الكفاءة والأخرى عديمة الكفاءة لعنصر الحديد.

جدول (2 - 20) : كفاءة إستخدام النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم في تراكيب وراثية من أرز الأراضي المرتفعة.

الكفاءة الاستخدام (كجم / كجم)	كفاءة الاسترجاع (%)	الكفاءة الفيولوجية المحصولية (كجم / كجم)	الكفاءة المحصولية (كجم / كجم)	التراكيب الوراثية
النيتروجين				
26.3	24.4	33.6	108.0	CNA6187
27.4	40.6	30.9	67.4	CNA7127
19.3	27.0	28.8	71.4	CNA7645
24.7	55.0	30.0	44.9	CNA6724-1
52.7	12.0	44.5	439.3	CNA7911
14.4	16.2	95.0	89.1	CNA7864
24.1	34.4	29.0	70.2	CNA7875
17.4	31.6	46.4	55.2	CNA7690
22.3	53.8	41.0	41.4	Rio Paranaíba
53.6	60.7	36.4	88.3	CNA6843-1
77.5	50.7	26.2	152.9	CNA6975-2
39.7	45.5	44.2	87.3	CNA7460
28.9	51.9	55.2	55.8	L141
32.9	38.8	41.6	105.5	Average
الفوسفور				
71.3	5.0	313.7	1425.9	CNA6187
97.8	8.3	331.4	1177.9	CNA7127
36.5	26.3	145.6	138.7	CNA7645
47.3	16.1	131.7	293.7	CNA6724-1
290.5	16.4	275.4	1771.6	CNA7911
123.5	11.0	114.7	1122.3	CNA7864
49.7	10.1	198.2	492.0	CNA7875
36.1	10.7	242.1	337.7	CNA7690
48.0	18.2	307.3	263.9	Rio Paranaíba
96.8	12.5	291.2	774.5	CNA6843-1
92.1	17.9	209.3	514.3	CNA6975-2
116.6	8.4	331.2	1387.6	CNA7460
95.2	20.6	170.0	462.1	L141
92.4	13.9	235.6	781.7	Average
البوتاسيوم				
42.6	59.9	26.4	71.1	CNA6187
41.2	79.1	23.8	52.1	CNA7127
21.7	43.2	27.4	50.3	CNA7645
29.4	78.8	33.2	37.3	CNA6724-1
43.5	57.5	26.8	75.7	CNA7911
22.8	33.1	38.0	68.8	CNA7864
40.6	65.2	31.0	62.2	CNA7875
19.1	32.0	76.6	56.6	CNA7690
45.0	70.9	57.4	63.5	Rio Paranaíba
60.4	96.1	34.8	62.9	CNA6843-1
62.9	106.4	39.7	59.1	CNA6975-2
80.4	119.9	29.5	67.1	CNA7460
30.7	69.4	55.9	44.3	L141
41.5	70.1	38.5	59.3	Average

(عن : Fageria et al., 1997) .

ويحقق الماغنسيوم تحسناً في إمتصاص العناصر المغذية الكبرى مثل النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم الضرورية لنمو وتطور النبات . فقد لاحظ Hiremath ومعاونوه (2003) أن إضافة الماغنسيوم بمعدل 50 كجم / هكتار من كبريتات الماغنسيوم عند 100 % سعة حقليّة كان له تأثير تنشيطي Synergistic effect علي إمتصاص المغذيات الكبرى . ولعب الماغنسيوم دوراً هاماً في الضبط الاسموزي ونقص نسبة الإصابة بمرض تبقع الأوراق المتأخر والصدأ ومن ثم زيادة محصول الفول السوداني ومكوناته ، حيث يدخل الماغنسيوم في تركيب جزئ الكلوروفيل وعامل مساعد في التفاعلات الانزيمية ومن ثم تحسين المحصول تحت ظروف الإجهاد.

وتستجيب بعض الأصناف لإضافات العناصر الصغرى وتحقق ميزة محصولية تصل أحياناً إلى الضعف مقارنة بأصناف أخرى ، فقد تضاعف محصول القمح من 0.77 إلى 1.65 طن للهكتار مع زيادة البورون من صفر إلى 1 كجم للهكتار وحقت الأصناف B-1022 ، SW-41 ، Sw-23 أعلى إستجابة مقارنة بالأصناف Kanchan ، Fang-60 ، Sonora 64 (جدول 2- 21) (Subedi et al. , 1997).

جدول (2 - 21) : تأثير التسميد بالبورون على وزن الألف حبة ومحصول الحبوب لستة تراكيب وراثية من القمح بمزرعة Khairanitar بنيبال .

معاملات البورون				التركيب الوراثي
أكجم بورون / هكتار		بدون بورون		
محصول الحبوب	وزن 1000 حبة	محصول الحبوب	وزن 1000 حبة	
1.56	25.2	0.22	37.7	SW-41
2.01	25.7	0.39	42.2	BL-1022
1.51	22.0	0.04	31.5	SW-23
1.37	25.3	0.79	37.6	Kanchan
1.66	22.0	1.25	26.6	Fang-60
1.80	21.9	1.90	21.4	Sonora-64
1.65	23.7	0.77	32.8	Mean

(عن : Subedi et al., 1997)
 وزن 1000 حبة محصول الحبوب
 (P < 0.001) 0.12 (P < 0.001) 0.98 SE (Genotype)
 (P < 0.001) 0.06 (P < 0.001) 0.57 SE (Boron)
 (P < 0.001) 0.17 (P < 0.001) 1.39 SE (GxB)

كفاءة أصناف المحاصيل في إستخدام

العناصر الغذائية

Use efficiency of crop cultivars to nutrient elements

يختلف تعريف كفاءة إستخدام العناصر الغذائية بحسب مجال الدراسة ،
 وعادة يُعرفها المشتغلين في مجال المحاصيل Agronomists ، بأنها محصول
 الحبوب لكل وحدة من السماد المضاف.

ويعرفها المشتغلين في مجال الفسيولوجي Physiologists ، بأنها كمية المادة الجافة المنتجة لكل وحدة وزنية من العنصر الممتص وهو ما يعرف أيضاً بنسبة كفاءة العنصر (ER).

ولقد عرف Graham عام (1984) كفاءة استخدام العناصر الغذائية بقدرة الصنف المحصولي على إنتاج محصول عالي في الأراضي ذات التيسر المحدود من العنصر.

ومن الناحية التجريبية ، عرف Cooke عام (1987) كفاءة استخدام العناصر الغذائية ، بأنها الزيادة في محصول الجزء المحصول من المحصول لكل وحدة من العنصر المضاف بالسماذ.

ويوجد عدد من الطرق لحساب كفاءة استخدام العناصر الغذائية .

مقاييس الحكم على كفاءة استخدام والاستفادة من العناصر الغذائية :

أ- الكفاءة المحصولية : Agronomic efficiency (AE)

وتعرف بأنها كمية الناتج الاقتصادي المتحصل عليه لكل وحدة من العنصر المضاف

$$AE = \frac{G_f - G_u}{N_a} \text{ (Kg Kg}^{-1} \text{)}$$

G_f : Is the grain yield of the fertilized crop (Kg)

G_u : Is the grain yield of the unfertilized crop (Kg)

N_a : Is the quantity of nutrient applied (Kg)

ب- الكفاءة الفسيولوجية : Physiological efficiency (PE)

وتعرف بأنها كمية الناتج البيولوجي المتحصل عليه لكل وحدة من العنصر الممتص.

$$PE = \frac{Y_f - Y_u}{N_f - N_u} \text{ (Kg Kg}^{-1} \text{)}$$

Y_f : Is the total dry matter yield of the fertilized crop (kg)

Y_u : Is the total dry matter yield of the unfertilized crop (kg)

N_f : Is the nutrient uptake of the fertilized crop

N_u : Is the nutrient uptake of the unfertilized crop

ج- كفاءة الاسترجاع الظاهرية :

Apparent recovery efficiency (ARE)

تعرف بأنها كمية العنصر الممتص لكل وحدة من العنصر المضاف

$$ARE = \frac{N_f - N_u}{N_a} \times 100 \text{ (\%)}$$

د- الكفاءة الفسيولوجية المحصولية :

Agrophysiological efficiency (APE)

تعرف بأنها الناتج الاقتصادي (محصول الحبوب في حالة المحاصيل

الحولية) المتحصل عليه لكل وحدة من العنصر الممتص

$$APE = \frac{G_f - G_u}{N_{tf} - N_{tu}} \text{ (Kg Kg}^{-1} \text{)}$$

N_{tf} : Is the nutrient uptake by straw and grains in the fertilized plot (Kg)

N_{tu} : Is the nutrient uptake by straw and grains in the unfertilized plot (Kg)

هـ- كفاءة الاستخدام (الإستفادة): Utilization efficiency (UE)

وهي ناتج حاصل ضرب الكفاءة الفسيولوجية وكفاءة الإسترجاع الظاهرية

$$UE = PE \times ARE \quad (Kg \ Kg^{-1})$$

(عن : Fageria *et al.*, 1997) .

علاوة على ذلك ، يمكن توظيف المعادلات الآتية في تعيين كفاءة أصناف المحاصيل في إستخدام والإستفادة من أو تحمل إجهاد النيتروجين :

أ- كفاءة إستخدام النيتروجين : Nitrogen use efficiency

$$NUE = N\text{-recoverd} / N\text{'supplied}$$

وتقدر كفاءة إستخدام النيتروجين لمحصول الحبوب الناتج لكل وحدة نيتروجين مضافة .

ب- دليل تحمل إجهاد النيتروجين : N-Stress tolerance index

$$= 1 - (Low \ N\text{-yield} / high \ N\text{-yield})$$

ج- الاستجابة للنيتروجين : N-response

ويقدر على أساس الفرق بين محصول الحبوب عند المستوي العالي والمستوي المنخفض

(عن : رضوان وآخرون ، 2001) .

الانتخاب تحت ظروف البيئات ذات المدخلات الأقل من العناصر الغذائية

Selection under low input of nutrient elements environments

إن المدخلات المنخفضة من التسميد والري هي إستراتيجية يوصي بها كمحور إرتكاز للمحافظة على البيئة وصيانة الموارد وزيادة دخول المزارعين. ويعتبر الاتجاه الحالي للمؤسسات البيئية المهمة بالأنظمة الزراعية والجودة التسويقية للمنتج الزراعي هو إستنباط أصناف تعطي مستويات محصول مرضية باستخدام مدخلات أقل من الأسمدة Low-input .

ولقد أوضح Blum (1988) جدوى الانتخاب للمحصول تحت ظروف بيئة الهدف عن الانتخاب للمحصول الأقصى Potential yield . وقد دلت الدراسات على ، أن الانتخاب تحت المستويات المنخفضة من العناصر المغذية لاسيما النيتروجين يمكن أن يتحقق من خلال إتجاهين ، الأول : زراعة الطرز التي تتميز بالقدرة على البقاء حتي الحصاد والأوراق الخضراء والمجموع الجذري المتعمق والتحمل الجيد للجفاف ودليل الحصاد المنخفض وفترة إمتلاء الحبوب القصيرة ، وجميعها عوامل تسهم في زيادة إنتاج المادة الجافة وحركة العناصر من الأجزاء الخضراء إلى الحبوب وتأخر الشيخوخة وزيادة عدد الأزهار . والاتجاه الثاني : لتحسين المحصول تحت ظروف النيتروجين المنخفض عن طريق التحكم في ظروف الجفاف كإجهاد بديل.

وهناك عديد من الجهود البحثية التي أجريت في هذا المجال وتهدف من خلال ذلك إلى تحقيق ما يلي :

1- تقليل إستخدام الأسمدة الكيماوية وتقليل تكلفة العملية الإنتاجية.

2- تجنب الآثار الضارة لارتفاع تركيز العناصر على الصحة العامة للإنسان والحيوان.

3- خفض التلوث البيئي.

4- كشف قدرة السلالات على تحمل ظروف الإجهاد والانتقال بها تحت ظروف البيئات الأقل ملائمة.

وتحت الظروف المصرية ، أجريت بمحطة بحوث الجميزة دراسات على زراعة القمح تحت مدخلات أقل من النيتروجين (30 كجم ن / فدان) وعدد أقل من الريات (رية أو ريتين) بعد رية الزراعة ، وقد أمكن التوصل إلى سلالات مبشرة تستطيع أن تنتج مستويات محصول مرضية تحت ظروف الإجهاد.

وقد أجريت تجارب في فرنسا بهدف تقييم كفاءة الانتخاب لـ 270 سلالة مبشرة + 11 أ ب + 3 أصناف قياسية تحت مدخلات أقل وأخرى أعلى من النيتروجين ومستويين من مبيد قطري في ثلاث مواقع على مدي موسمين 1998 ، 1999 حيث حصل (2005) Brancourt- Hulmel على النتائج الآتية :

1- تقديرات منخفضة (18%) لمعامل التوريث في المعنى العام لمحصول الحبوب تحت المستوي المنخفض من النيتروجين بدون مبيد فطري ، وقد أعزيت هذه النتيجة إلى زيادة تباين الخطأ وإنخفاض قيم التباين الوراثي عند المستوي المنخفض من النيتروجين ، في حين بلغت 90% تحت المستوي العالي من النيتروجين بدون مبيد فطري .

2- سُجل ارتباط وراثي موجب لمحصول الحبوب ومحتوي النيتروجين بين العشر تجارب ، تراوح من 0.10 إلى 0.95 للمحصول ومن 0.78 إلى 0.98 لمحتوي الحبوب من النيتروجين.

3- تباينت الكفاءة النسبية للانتخاب غير المباشر إلى الانتخاب المباشر لكل من أزواج البيئات من 0.15 إلى 0.99 في إشارة إلى أن الانتخاب غير المباشر ليس دائماً أكثر فعالية من الانتخاب المباشر .

وبناءً على ذلك ، فإن برنامج التربية الهانف إلى تعيين سلالات من القمح عالية الكفاءة تحت ظروف المدخلات الأقل من عنصر النيتروجين يجب أن يتضمن بيئات إنتخاب للمحتوي المنخفض من النيتروجين لمعظمه التحسين المتحصل عليه من الانتخاب .

ومن الملاحظات الفريدة ، ما وجد من ارتباط جينات التقزم *Rht* وكفاءة إستفادة نباتات القمح من الفوسفور من خلال التأثير على تجزئ ناتجات التمثيل وتوزيع الفوسفور بين الأعضاء الخضرية والثرمية ، ومن ثم التأثير على دليل الحصاد ، فقط لاحظ Manske وآخرون (2002) زيادات معنوية في محصول الأصناف الحاملة لجينات التقزم *Rht - D1b* ، *Rht - Blb* أرجعت إلى تحسن كفاءة الاستفادة من الفوسفور ممثلاً في زيادة محصول للمادة الجافة من الحبوب في الصنف Maringa والفوسفور الكلي الممتص في الصنفين ، 60 Nainari Maringa . وقد أدت جينات التقزم في الصنف 60 Nainari إلى إنتاج أعلى وزن جاف من الحبوب وأقل تركيز من الفوسفور في الحبوب ، حيث يكون تركيز الفوسفور المنخفض نسبياً في الحبوب مرغوباً لأغراض التغذية والنبات الجيد . وفي هذا المجال أشارت الدراسات إلى إمكانية تحسين جودة حبوب الذرة الشامية لتغذية الماشية بخفض محتوى الحبوب من الفوسفور دون التأثير على محصول الحبوب أو محتوى البروتين (Wardyn and Russell , 2005).

وفي الشعير ، أسهمت برامج التربية والإجراءات الزراعية خلال العقود الثلاثة الماضية في تحسين المحصول بحوالي 35-65 % . وتميزت الأصناف الحديثة من محاصيل الحبوب بالاستجابة العالية للتسميد الأزوتي ، حيث حققت

زيادة معنوية في المحصول وتقدم وراثي إرتبط وتيسر النيتروجين بلغ 1.59 ، 2.58 ، 4.52 ، 4.29 جم/م² / السنة تحت مستويات 20 ، 50 ، 110 ، 160 كجم ن / هكتار ، على الترتيب . وإرتبط محصول الحبوب مع عدد حبوب المتر المربع والذي إعتد على عدد سنابل المتر المربع وعدد حبوب السنبلة . وكان الانتخاب تحت ظروف المدخلات الأقل من النيتروجين (الإجهاد) مفيداً في تحديد الأصناف عالية المحصول تحت بيئات النيتروجين المختلفة ، (Abeledo *et al.* , 2003) .

وفي الذرة الشامية ، قام (Banziger and Lafitte (1997 بتقييم مجموعة من الجيرمبلازم المتأقلمة تحت ظروف الأراضي المنخفضة الإستوائية تحت الإمداد المنخفض والعالي من النيتروجين . ولاحظ أن التباين الوراثي لمحصول الحبوب تحت مستوى النيتروجين المنخفض مثل حوالي 3/1 متوسط التباين الوراثي للصفة تحت مستوى النيتروجين العالي . وقد إتجه التباين الوراثي وتباين الخطأ لمحصول الحبوب إلى الإنخفاض مع زيادة النقص في المحصول النسبي تحت التسميد المنخفض ، ولم تتغير تقديرات معامل التوريث . وقد أظهرت دراسة رضوان وآخرون (2001) أنه تحت ظروف المدخلات الأقل من النيتروجين (30 كجم ن/ فدان) فإن التحسين المتوقع من الانتخاب غير المباشر مقارنة بالمتوقع من الانتخاب المباشر كان عالياً لصفات كفاءة إستخدام النيتروجين ، عدد حبوب النبات ، عدد أوراق النبات ، ومحتوى الكلوروفيل وذلك في الموسم الأول ، ولصفات كفاءة إستخدام النيتروجين ، إرتفاع الكوز ، قطر الكوز وعمق الحبة في الموسم الثاني . كما كان الانتخاب المباشر لغلة الحبوب تحت مستوى النيتروجين المنخفض أكثر كفاءة عن الانتخاب غير المباشر تحت مستوى النيتروجين العالي (120 كجم ن / فدان) في تحسين غلة الحبوب تحت مستوى النيتروجين المنخفض (جدول 2 - 22) .

جدول (2 - 22) : معامل التوريث والتحسين الوراثي المتوقع من الانتخاب المباشر وغير المباشر لبعض الصفات المحصولية والفسولوجية تحت النيتروجين العالي والمنخفض.

1998			1998			
التحسين غير المباشر من الانتخاب			التحسين غير المباشر من الانتخاب			
% من التحسين المباشر	وحدة	h^2	% من التحسين المباشر	وحدة	h^2	الصفة
100	5.22	0.67	100	5.09	0.54	محصول الحبوب - ن منخفض
*69.4	3.62	71	*77.41	3.94	0.89	محصول الحبوب - ن عالي
						<u>الصفات تحت - ن المنخفض</u>
- 13.43	- 0.70	0.35	- 15.59	-0.79	0.90	ميعاد تزهير النورة المذكرة
- 0.48	- 0.03-	0.41	- 5.62	-0.29	0.62	ميعاد تزهير النورة المؤنثة
20.21	1.05	0.40	70.88	3.61	0.93	محتوي الكلوروفيل
6.57	0.34	0.72	40.98	2.09	0.56	مساحة ورقة الكوز
2.46	0.13	0.78	19.41	0.99	0.42	البقاء أخضر
-	-	-	54.41	2.77	0.85	المحصول البيولوجي

(عن : Radwan et al., 2001).

وقد تباينت تقديرات معامل التوريث كما هو موضح من متوسطة إلى عالية للصفات المدروسة تحت مستوى النيتروجين المنخفض إلى مرتفعة تحت مستوى النيتروجين العالي . وقد أفادت الدراسة إلى وجود ارتباط بين كفاءة استخدام النيتروجين تحت ظروف نقص العنصر مع محصول الحبوب تحت مستوى النيتروجين العالي ومع متوسط المحصول تحت مستويي التسميد في الموسمين .

كما إرتبط دليل تحمل إجهاد النيتروجين بشدة وكفاءة الاستجابة للعنصر وإرتبط محصول الحبوب مع تحمل إجهاد نقص النيتروجين وكفاءة استخدامه عند المستوي العالي والمنخفض منه.

وأسهم الانتخاب المتزامن للمحصول العالي والصفات الثانوية المرتبطة به والمتوقع أن تعطي ميزة تحت إجهاد النيتروجين في تحسين محصول عشيرة

الذرة الشامية Across 8328 BN ، بحوالى 84 كجم حبوب / هكتار / السنة
بنسبة 4.5 % عند المستوى المنخفض من النيتروجين ، في حين بلغ مقدار
التحسين الوراثي 120 كجم حبوب / هكتار / السنة (2.3%) عند المستوى
المرتفع من النيتروجين (Lafitte and Banziger , 1996) ، وقد دلت علاقة
الستلازم غير السالبة بين محصول الحبوب ومحتوي عناصر النحاس والمنجنيز
والزنك بحبوب الذرة الشامية إلى إمكانية الجمع بين المحصول العالي والمحتوي
المرتفع من العناصر الصغرى (Brkic et al. , 2004) .

العلاقة المتبادلة بين العناصر الغذائية

Interaction effects between nutrient elements

تتباين أصناف المحاصيل في درجة استجابتها لإضافة كمية معينة من
عنصر معين عند المستويات المختلفة من العناصر الغذائية الأخرى ، ويرجع
ذلك إلى أن كفاءة العنصر الغذائى تتحدد بكمية العناصر الأخرى والميسرة
للنباتات، وهو ما يعرف بالتأثيرات المتبادلة بين العناصر Interaction effects
between elements ويختلف مدى التفاعل تبعاً لنوع العنصر ونوع النبات ،
حيث يوجد تنافس بين بعض الأيونات مع بعضها الآخر عند إمتصاصها بواسطة
جذور النبات ، وقد تؤدي زيادة تركيز أحد الأيونات في وسط النمو إلى تقليل
امتصاص أيون أو أيونات أخرى من وسط النمو ، ويسمى هذا التأثير بالتضاد
Antagonism . فى حين قد يؤدي زيادة تركيز الأيون إلى زيادة إمتصاص
أيونات أخرى ، ويعرف هذا بالتنشيط Synergism .

حيث أوضح البشبيشى وشريف (1998) أنه من المفضل دراسة حالة
جميع العناصر فى مجال تغذية النبات ونسب العناصر بعضها إلى البعض
الأخر، عن استعمال مستوى معين للعنصر، وأنه يوجد العديد من العلاقات بين

العناصر والتي تؤثر على مدى تيسرها قد تكون في صورة تنشيط أو تثبيط ،
يمكن توضيحها على النحو التالي:

- أن النيتروجين ينشط أو يحفز Stimulate إمتصاص الماغنسيوم ولكن يثبط أو يضاد Antagonist النحاس والبوتاسيوم والبورون.
- الفوسفور ينشط إمتصاص الماغنسيوم والحديد ، ولكن يضاد الكالسيوم ، البوتاسيوم ، الزنك ، والنحاس والمنجنيز .
- الفوسفور والكالسيوم يثبطا إمتصاص الرصاص والكاديوم والبريليوم .
- الصوديوم يثبط إمتصاص المنجنيز .
- الكالسيوم يقلل من إمتصاص الماغنسيوم ، البورون ، البوتاسيوم ، المنجنيز ، الحديد والزنك .
- البوتاسيوم ينشط المنجنيز والحديد ولكن يثبط الماغنسيوم والبورون.
- الزنك يضاد الحديد ويثبط إمتصاص النحاس .
- الحديد يضاد الفوسفور .
- المنجنيز يضاد الحديد .
- البورون لا يضاد أي عنصر ، ولكن لا يسلم من تضاد بعض العناصر الكبرى له مثل : النيتروجين ، البوتاسيوم والكالسيوم.
- النحاس يضاد الحديد والمنجنيز .
- الموليبدنم يضاد للنحاس ، الحديد ، المنجنيز والكبريت ويحفز إمتصاص النيتروجين والفوسفور .
- النيكل يضاد إمتصاص النحاس والزنك والحديد .

وفي هذا السياق وجد Agrawal وآخرون (2003) أن زيادة مستوى عنصر الزنك من صفر ، 2.5 ، 5 إلى 10 كجم زنك / هكتار في فول الصويا

صاحبة زيادة معنوية في إمتصاص النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والكبريت وتراكمها في السوق والأوراق والبذور .

وتباين محتوى الكالسيوم و الماغنسيوم والبوتاسيوم ونسبة الصوديوم : البوتاسيوم في الأصناف المختلفة حيث لوحظ ارتفاع محتوى الزنك، الكالسيوم والصوديوم في الأصناف , CSR 23 , CSR10 , IR 47538-3B -9-3B-1 , CSR-88 IR 1 مقارنة بالأصناف Trichi , IR 4630 , CSR-88IR 15 , وكان محتوى الماغنسيوم مرتفعاً نسبياً في الأصناف غير المتحملة لنقص الزنك. وتؤثر الملوحة على امتصاص العناصر الغذائية والذي وضح في تناقص إستخدام والاستفادة من الفوسفور والبوتاسيوم في آباء وهجن الجيل الأول والثاني من قمح الخبز تحت مستوى الملوحة المرتفع 640 ديسيمتر / م .

وقد تباينت الأصناف في محتوى الحبوب من الفوسفور والبوتاسيوم وكان أكثرها كفاءة الصنف K-65 يليه Jop 666 ثم Rajasthan 3077 (Sastry and Dhayal , 2003) .

ويلاحظ وجود تفاعل إيجابي بين الفوسفور والنيتروجين تحت ظروف نقص الفوسفور ، يزداد مع إضافات الفوسفور حتى 160 كجم من سوبر فوسفات الثلاثي في فول الصويا . فقد لاحظ Kuang-RuBin وآخرون (2005) حدوث زيادة متزامنة في محتوى كل من الفوسفور والنيتروجين في المجموع الخضري ، كما زاد الوزن الجاف للجذور وعدد عقد الجذور ووزن العقد الجذرية وحجم العقدة ودليل التعقد ، مدلاً على أن الفوسفور ربما يؤثر على التغذية بالنيتروجين من خلال التأثير على مورفولوجي صفات الجذور وهو ما لوحظ من علاقة الارتباط الموجبة بين كل من محتوى الفوسفور والنيتروجين مع الصفات المورفولوجية للجذور .

الباب الثامن

جهود التربية

Breeding Efforts

الانتخاب Selection

يُعتبر دراسة التباين بين الأصناف في كفاءة إمتصاص والاستفادة من العناصر الغذائية ووراثية القدرة على التحمل وإنتاج مستويات محصول مرضية، من الأمور الهامة في برامج تطوير تراكيب وراثية عالية الكفاءة في الأراضي منخفضة الخصوبة لاسيما عند سيادة المكون المضيف وإرتفاع قيمة معامل التوريث للصفة.

ويمكن إجراء الانتخاب في الأجيال المبكرة لعزل تراكيب وراثية عالية الكفاءة للاستفادة من العناصر الغذائية تحت ظروف البيئات الملائمة في ظل توفر النيتروجين والفوسفور وهو ما أمكن تقريره في الشعير ، في حين يتأخر الانتخاب إلى الأجيال المتأخرة عند محاولة تحسين كفاءة إمتصاص والاستفادة من العناصر تحت ظروف البيئات الأقل ملائمة والفقيرة في العناصر الغذائية .

وأمكن بالانتخاب إنتاج عديد من أصناف الأرز منها ، IR 76 المتحمل لنقص الفوسفور والصنف IR 72 المتحمل لنقص الزنك وصنف الشعير PL 56 المتحمل لنقص الزنك ، وأصناف الفول السوداني Trifrum , Florunner , Runner 56-15 , Southeastern , Early Runner الأكثر تحملاً للمدخلات الأقل من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والماغنسيوم والكالسيوم في الأراضي منخفضة الخصوبة .

كما إتضح جدوى الانتخاب المتكرر المبني على الموديل عديد الجينات مع التوريث الكمي في تطوير سلالات من فول الصويا أكثر كفاءة في تحمل

نقص الحديد. وقد أشارت الدراسات التجريبية إلى جدوي الانتخاب المبني على الأساس الوراثي في تحسين كفاءة هجن الذرة الشامية للنمو تحت ظروف الأراضي ذات المدخلات الأقل من الفوسفور والنيتروجين .

وتفيد طريقة الانتخاب الفردي والتحرر من بذرة واحدة في برامج تربية المحاصيل لتحمل إجهاد نقص العناصر الغذائية ولقد ساعدت في تحسين محتوى حبوب الأرز من الفوسفور والمنجنيز والزنك والحديد مما انعكس إيجابياً على جودة الحبوب (Zhang et al., 2004a) .

التهجين والانتقال الكروموسومي

Hybridization and translocation

يعتبر التهجين من طرق التربية الفعالة لنقل العوامل الوراثية المتحكمة في الصفات المرتبطة بتحمل نقص العناصر الغذائية . وقد أشارت الدراسات المبكرة التي أجراها Graham (1978) إلى نجاح نقل صفة القدرة على النمو تحت ظروف نقص عنصر النحاس من الراي إلى الترتيكال كما أمكن نقل هذه الصفة إلى القمح عن طريق الانتقال الكروموسومي.

وقام Graham في عام (1989) بحصر عديد من الاختلافات الوراثية في الراي والقمح والرتيكال لكفاءة الاستفادة من المنجنيز والزنك والنحاس ، وأوضح أهمية الانتقال الكروموسومي في نقل عوامل كفاءة الاستفادة من هذه العناصر من جنس الراي إلى الأصناف المنزرعة وقد أفاد ذلك في تحسين أصناف معينة لتناسب ظروف بيئية معينة.

وتحت الظروف المصرية ، أمكن إنتاج مجموعة من الهجن التجريبية من الذرة الشامية ظهرت بها قوة هجين عالية لكفاءة الاستفادة من النيتروجين

ودليل تحمل إجهاد العنصر تحت المدخلات الأقل " 30 كجم ن/ فدان " (Radwan *et al.* , 2001).

وفي كرواتيا ، أمكن تحقيق تحسين في محتوى حبوب هجن الذرة الشامية من العناصر الصغرى ؛ النحاس والمنجنيز والزنك ووجد Brkic ومعاونوه (2004) ارتباط موجب بين محصول الحبوب ومحتوي العناصر الصغرى ، في دلالة على إمكانية الجمع بين المحصول المرتفع والمحتوي العالي من هذه العناصر.

دور التقنية الحيوية في التربية لتحمل إجهاد نقص العناصر

**Role of biotechnology in breeding for
mineral deficiency stress tolerance**

أولا : معلمات دنا DNA markers

أ- تقنية الـ RAPD – PCR

لقد أمكن توظيف معلمات الـ RAPD – PCR في التعرف على وتشخيص أصناف الذرة الرفيعة المتباينة في تحملها لإجهاد نقص عنصر الحديد من خلال تحليل مستخلص دنا للأب الحساس IS 2219 B والأب المتحمل TX 430 ونباتات الجيل الأول والثاني المتحملة والحساسة لنقص عنصر الحديد حيث أفاد تحليل الـ RAPD – PCR في التعرف على حزمة واحدة مميزة لتحمل نقص الحديد في الأب المتحمل TX 430 ومجموعة نباتات الجيل الثاني المتحملة، وغابت الحزمة في الأب الحساس IS 2219B ومجموعة نباتات الجيل الثاني الحساسة لنقص العنصر . وعلى ذلك حدد محمود وآخرون (2005) هذه

الحزمة كأحد الكشافات الجزيئية الموجبة والمرتبطة بتحمل نقص عنصر الحديد في الذرة الرفيعة .

ب- تقنية الـ AFLP

أشارت الدراسات الوراثية على المستوى الجزيئي إلى وجود عائلة من الجينات ، تشفر لانتقال الكبريت في النبات ، وأظهر عدد من هذه الجينات تعبير متخصص للنسيج وإستجابة متباينة للكبريت .

ولقد إستخدمت تقنية AFLP cDNA لاختبار حث التعبير الجيني في نباتات القمح خلال مرحلة النمو الخضري تحت ظروف نقص البوتاسيوم، الفوسفور ، الكبريت، النيتروجين والمغنسيوم وتحديد الجينات المستحثة تحت ظروف إجهاد نقص هذه العناصر ، ومعرفة تأثير معدل وصول النيتروجين على التعبير الجيني وتطور الحبوب (Hawkesford et al. , 2003) .

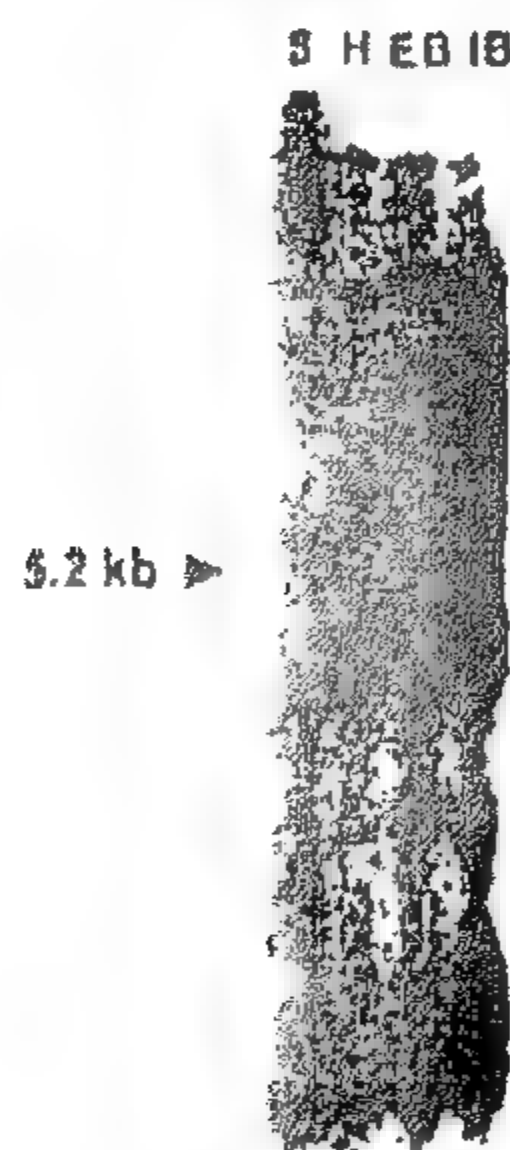
ونظراً لأن نقص الحديد يمثل أحد إجهادات البيئة المؤثرة على إنتاجية المحاصيل في بعض المناطق الزراعية في العالم . فقد تمكن Pant (2003) من تحديد الجين المشفر والبروتين المنظم لانتقال والاستفادة من الحديد وعزله ، حيث لوحظ أن النباتات البذرية تستجيب لإجهاد نقص الحديد بتكوين وإنتاج إنزيمات وأحماض أمينية ، وأمكن عزل الجينات المشفرة للإنزيمات المتحكمة في مراحل إمتصاص وانتقال وتيسر والاستفادة من الحديد . ويمثل ذلك خطوة هامة في إنتاج نباتات معدلة وراثياً مقاومة لإجهاد نقص الحديد في قصب السكر وعديد من المحاصيل الأخرى .

ولقد أفادت معلمات الـ AFLP في رسم مواقع الصفة الكمية QTL المؤثرة في محصول الحبوب ومكوناته لـ 95 توليفة وراثية من الشعير تحت أربع بيئات من النيتروجين (صفر ، 100 كجم عند الزراعة ، 50 كجم عند التزهير، وتجزئ 100 كجم ؛ ½ عند الزراعة + ½ عند التزهير) ، حيث

تمكن (Jarso and Keneni 2003) من إستشكاف 18 و 51 موقع للصفة الكمية واتضح تباين مساهمة مختلف الجينات في الصفات المدروسة تحت مختلف البيئات ، وأظهرت الآباء درجات من المساهمة التكاملية أو التفاعلية ، مع احتمال وجود تأثير متعدد للجين أو ارتباط بين الجينات.

ج- تقنية الـ RFLP

لقد أفادت تقنية الـ RFLP في تعيين الموقع الوراثي *Mell* لكفاءة الإستفادة من المنجنيز على كروموسوم الشعير 4HS (Pallotta et al. , 2000)، كما تمكن Khabaz-Saberi وآخرون (2002) من توظيف معلومات الـ RFLP في تعيين الموقع المسئول عن كفاءة المنجنيز في نباتات الجيل الثاني للهجين بين صنف قمح المكرونة ذو الكفاءة 2 Stojcori والصنف عديم الكفاءة للمنجنيز Hazar ، حيث إرتبط معلم الـ RFLP Xcdo 583a مع الموقع *Mell* لكفاءة المنجنيز (شكل 2 - 7) ، وفسر هذا الموقع أكثر من 42 % من التباين الكلي لكفاءة المنجنيز في نسل الهجين في الجيل الثاني ، وأُعتبر هذا المعلم أداة ميسرة كمساعد للانتخاب في برامج التربية لتحسين كفاءة الاستفادة من عنصر المنجنيز.



شكل (2 - 7) : إستخدام معلومات الصفة الكمية QTL في RFLP في التحليل الوراثي لسلاسل قمح الديورم Lanes , Stojocri 2 , Hazar و 10 تراكيب وراثية في F_2 التجميعي ذات كفاءة 10 تراكيب وراثية في F_2 عديمة الكفاءة للمنجنيز . حيث لوحظ إرتباط الحزمة 5.2 Kb للسلسلة Stojocri 2 بكفاءة المنجنيز كما هو مشار إليه بالسهم (Khabaz-Saberi et al., 2002) .

- معلمات الصفة الكمية QTL

لقد أفادت تقنية معلمات الصفة الكمية في تعيين المواقع المسئولة عن تحمل نقص العناصر الغذائية ولقد أوضح Khabaz-Saberi وآخرون (2002) أن الانتخاب للمعلمات المرتبطة بمواقع الصفة الكمية لكفاءة المنجنيز والتي أمكن تحديدها على الكروموسوم 4B يفيد في تحسين كفاءة الاستفادة من المنجنيز في القمح . كما أمكن تحديد 3 مناطق كل في مجموعة ارتباطية منفصلة إرتبطت وصفة البقاء أخضر في الذرة الرفيعة في أكثر من تجربة في 160 سلالة للهجين QL 39 × QL 41 تحت ٤٠ من البيئات , (Tao et al. , 2000) .

كما أمكن بمعلمات الصفة الكمية ، إستكشاف مواقع وراثية تحكم المحتوى العالي من الحديد على كروموسومات الأرز 7 ، 8 و 9 تفسر 30.3 ، 21.3 و 19% من التباين المظهري (Gregorio and Htut , 2003) . ولقد أشارت نتائج معلمات الصفة الكمية إلى وجود مواقع متعددة الآليات مسئولة عن كفاءة إمتصاص الفوسفور في الأرز (Wu et al., 2000)، الأمر الذي يساعد في توظيف المعلمات الوراثية في برامج تربية وتحسين محتوى العناصر في حبوب الأرز .

تنظيم التعبير الجيني تحت ظروف إجهاد نقص العناصر

Regulating gene expression under Mineral deficiency stress

أشارت الدراسات المتعلقة بالوراثة الجزيئية إلى وجود عديد من الجينات التي يُستحث فعلها تحت ظروف إجهاد نقص العناصر الغذائية وتشفر لانزيمات مسئولة عن إمتصاص وإنتقال العناصر الغذائية في عديد من المحاصيل ، حيث

أمكن تعيين عدد من الجينات المستحثة تحت إجهاد نقص النيتروجين والبوتاسيوم والفوسفور والكبريت والماغنسيوم في القمح (Hawkesford et al. , 2003)، وتعيين البروتين المنظم لانتقال الحديد وعزله في قصب السكر (Pant , 2003) وقد أظهر التحليل الوراثي Southern blot وجود نسخ فردية من جين Inosine monophosphate dehydrogenase (*IMPDH*) وهو الانزيم المفتاح في عملية تمثيل النيتروجين ، ويعبر بشكل متخصص في العقد الجذرية لنبات فول الصويا (Cao and Schubert , 2001) .

هذا وقد ناقش Yokoyama وآخرون (2001) إمكانية تنظيم تعبير جينات *GmNRT 1* , *GmNRT2*, ... *GmNRT 5* في صنف فول الصويا Williams والتي تلعب دوراً حيوياً في إمتصاص النترات وذلك تحت مستويات مختلفة من النيتروجين وأوضح وجود 5 جينات على الأقل تعمل كناقلات في فول الصويا وذات أهمية في تمثيل للنترات . وتعبّر الجينات *GmNTR 1-3* في كل من الجذور والأوراق ، بينما تعبر الجينات من *GmNRT 1-2* عند تطور الجذور في وجود الأمونيوم كمصدر للنيتروجين .

ويؤدي بادئ جين *HvPht1* الناقل للفوسفات في الشعير إلى تنشيط مستويات عالية من التعبير في جذور الأرز بحوالي 4 مرات إستجابة لنقص الفوسفور ويفيد ذلك في فهم الدور الوظيفي لتعبير الجينات المنظمة للاستفادة من الفوسفور (Schunmann et al. , 2004) .

وهناك مساحة بحثية حديثة تتعلق بقنوات البوتاسيوم K^{+} channels والتي تلعب دوراً هاماً في الاستفادة من العنصر وعملية تحميل اللحاء والخشب وفسيولوجيا الثغور في نبات الارابيدوبسيس ، رمز لها بالرمز ($AKT_{2/3}$) وفي الفول البلدي بالرمز (VFK_1) والذرة الشامية (ZMK_2) . وقد أشارت دراسات التعبير الجيني للقنوات $AKT_{2/3}$ و VFK_1 إلى وجود مستويات عالية من حمض

رنا الرسول في لحاء الأجزاء الهوائية الخضراء للنباتات وأمكن استكشاف نسخ من ZMK_2 في الأنسجة الوعائية للسويقة الجنينية الوسطي وغمد الأوراق الأولية في الذرة الشامية . وحدد Deeken ومساعدوه (2001) مسئولية قنوات البوتاسيوم عن عملية تحميل اللحاء وتفرغ ناتجات التمثيل .

موديلات المحاكاة وإجهاد نقص العناصر الغذائية Simulation models of nutrient elements deficiency stress

هناك جهود بحثية مستمرة تهدف إلى إنتاج أصناف جديدة من المحاصيل الحقلية وإتباع أنظمة تسميد وإستخدام الميكنة وغيرها من الإجراءات الزراعية التي تتماشى مع التغيرات النمطية في النظام المجتمعي والمتغيرات الاقتصادية وفي نفس الوقت تؤدي إلى المحافظة على التربة وجودة البيئة.

ويعد توفير قاعدة من البيانات والاستعانة بأنظمة الكمبيوتر من الوسائل المفيدة في فهم الأساس الكميوي والفسولوجي لاستجابة المحصول لظروف بيئة التربة والمناخ ومن ثم تصميم تجارب ناجحة وموديلات محاكاة تمكن من التنبؤ بالمحصول والصفات الاقتصادية تحت مدي من تباين خصوبة التربة.

وتعتمد تقديرات المحصول المتحصل عليه تحت هذه الظروف على كفاءة إمتصاص والاستفادة من العناصر المتاحة تفعيلاً مع ظروف البيئة المحيطة وكذا على نشاط التمثيل الضوئي والتنفس والنمو والنشاط الانزيمي وانتقال المواد الممثلة إلى الأعضاء الاقتصادية وهو ما يعكس مدي إستجابة الصنف المحصولي لعناصر البيئة تحت ظروف التجريب.

وعلى مدي خمسة عشر عاماً ، أمكن تطوير موديلات محاكاة لعدد من العمليات الزراعية اشتملت على عوامل الطقس والمياه وتآكل التربة وحركة

وانتقال العناصر الغذائية وفيزيولوجي المحصول والنمو والإنتاجية وإستهدف تصميم هذه الموديلات ما يلي :

- 1- التنبؤ بأقلمة المحصول تحت ظروف بيئية معينة.
 - 2- التنبؤ بأقلمة المحصول تحت ظروف من الإجراءات الزراعية البديلة.
 - 3- التنبؤ بمتوسط سلوك الأصناف في أنظمة الزراعة المعقدة ومدى حساسيتها للمحددات الحيوية والفسيولوجية والاجتماعية والاقتصادية.
 - 4- التنبؤ بالمتغيرات قصيرة أو طويلة المدى في خصوبة التربة والإنتاجية.
- وقد إستخدم Singh عام (1985) موديل المحاكاة CERES لدراسة إستجابة هجن الذرة الشامية لظروف الطقس والتربة ومعدلات التسميد النيتروجيني في 14 تجربة حقلية أجريت في مواعيد مختلفة من السنة في منطقة Oxisols أو Andepts في هاواي وإستطاع بهذا الموديل محاكاة تأثيرات التربة والمواسم والهجن ومعدلات التسميد النيتروجيني على محصول الذرة الشامية.
- ففي الأشهر الباردة ، وصل منحنى إستجابة النيتروجين إلى أقصى ما يمكن عند مستويات التسميد المنخفضة حيث كان النمو محدداً بدرجة الحرارة والإشعاع الشمسي وإرتفع محصول الحبوب في منطقة Oxisols مقارنة بمنطقة Andepts نظرا لارتفاع درجة الحرارة والإشعاع الشمسي في منطقة Oxisols. وقد إختلف محصول الهجن نتيجة اختلاف طول فترة إمتلاء الحبوب ومعدل إمتلاء الحبوب.

ولقد أفادت موديلات المحاكاة في تحديد الموديل الأمثل Modelling لبرنامج التربية الهادف إلى زيادة القدرة الإنتاجية في أصناف الذرة الشامية المحسنة ذات الكفاءة في إستخدام النيتروجين تحت ظروف المدخلات الأقل من العنصر ولهذا الهدف قام Presterl ومساعدوه (2003) في ألمانيا بإجراء 21 تجربة من مواد التربية الأوروبية لمستودع الذرة الصيوانية والمنغوزة خلال

الفترة من 1989 وحتى 1999 في عديد من المواقع تحت مستوى منخفض (بدون إضافة) ومستوي عالي من النيتروجين (200 كجم ن / هكتار) . وقد أظهرت النتائج إنخفاض المحصول بنسبة 37% في المستوى المنخفض مقارنة بالمستوي العالي وتذبذب معامل الارتباط الوراثي بين المستويين بمتوسط 0.74 لمحصول الخبواب . وكان التباين الراجع إلى تأثير التركيب الوراثي والتركيب الوراثي × الموقع وتأثيرات الخطأ أعلى عند المستوى المنخفض من النيتروجين مقارنة بالمستوي العالي بقيم متشابهة لمعامل التوريث تحت المستويين كما كان التفاعل بين التركيب الوراثي × النيتروجين والتركيب الوراثي × الموقع × النيتروجين معنوياً في معظم التجارب.

وقد تمكن رضوان وآخرون (2003) من تحديد موديل مناسب للتركيب الوراثي الأمثل من الذرة الشامية الأقدر على تحمل التسميد النيتروجيني المعتدل (60 كجم) ، يتميز بصفات التبكير في النضج ، زيادة مساحة ورقة الكوز ، ارتفاع الكوز المنخفض ، تعدد الكيزان على النبات وزيادة غلة الخبواب.

تقييم التراكيب الوراثية لتحمل نقص العناصر الغذائية

Evaluation of Genotypes to Mineral Deficiency Tolerance

يمكن إجراء عملية التقييم والانتخاب لتحمل نقص العناصر الغذائية في المزارع الصناعية سواء الرملية أو مزارع المحاليل المغذية أو في البيوت المحمية أو الأصص أو باستخدام مزارع الأنسجة ، كما يمكن إجراء عملية التقييم تحت الظروف الحقلية.

1- التقييم تحت ظروف مزارع بيئات الفيرميكوليت - الرملية

Evaluation under sand – vermiculite culture conditions

تستخدم مزارع الفيرميكوليت - الرملية في تقييم جيرمبلازم المحاصيل لتحمل إجهاد نقص العناصر الغذائية . حيث أفادت في تقييم آباء ودياليل هجن الشعير تحت مستويين من التغذية بالنيتروجين والفوسفور ، أحدهما عالي والآخر منخفض ، وأمكن دراسة تأثير تباين مستوي التغذية على طبيعة الفعل الجيني ووراثية صفات ؛ طول الجذر الكلي أو طول منطقة معينة من الجذر ووزن الجذر ونسبة وزن المجموع الخضري : المجموع الجذري وكفاءة امتصاص الجذور للنيتروجين والفوسفور (Gorny, 2000) .

2- التقييم تحت ظروف المزارع الصناعية (المحاليل المغذية)

Evaluation under hydroponic culture conditions

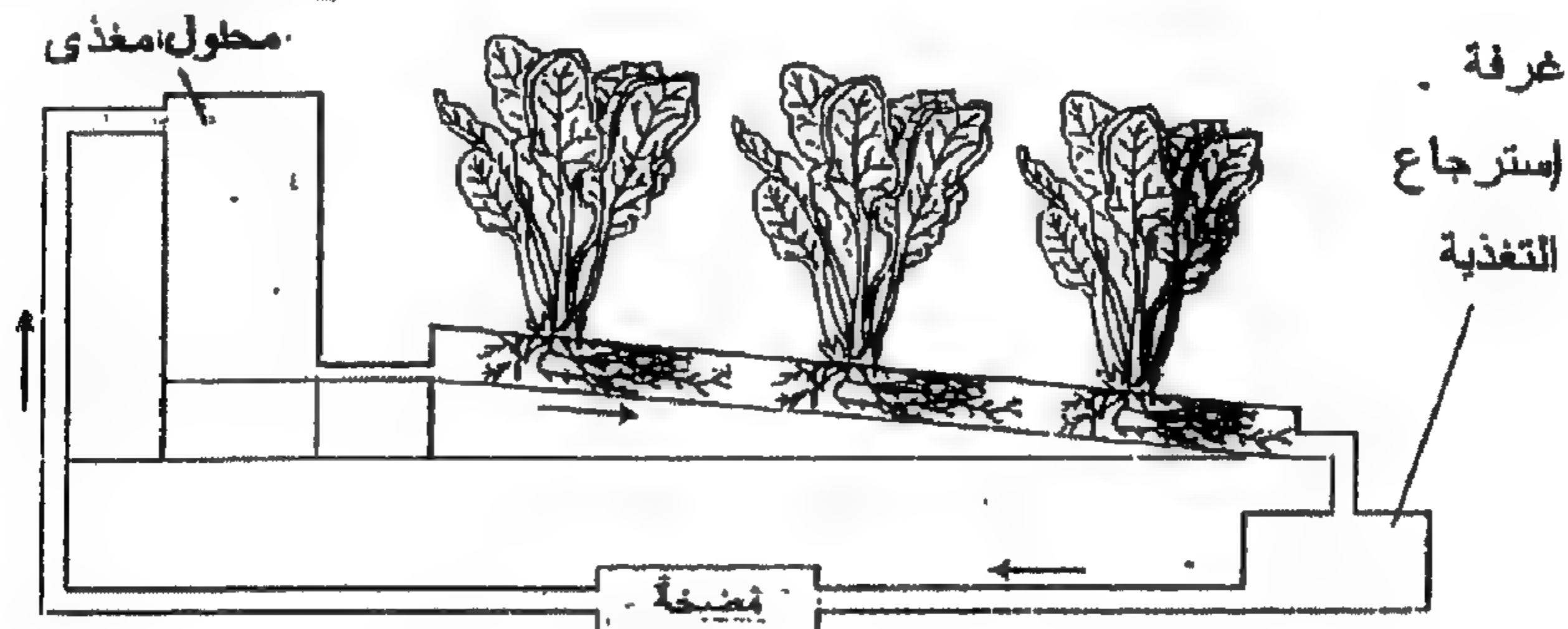
تعتبر مزارع المحاليل المغذية من الطرق الدقيقة في عملية تقييم جيرمبلازم المحاصيل لتحمل نقص العناصر الغذائية (شكل 2 - 8) . غير أنه يصعب إستخدامها في تقييم عشائر المحاصيل كبيرة الحجم في برامج التربية،

وقد تستخدم في عملية تقييم الآباء والهجن والسلالات المنتخبة من الهجن .
ويحتاج استخدام الهيدروبونات توفر مستوى من الخبرة في تصميم هذا النظام
والاستفادة منه في تقييم الاختلافات بين التراكيب الوراثية في مقاومة نقص
العناصر .

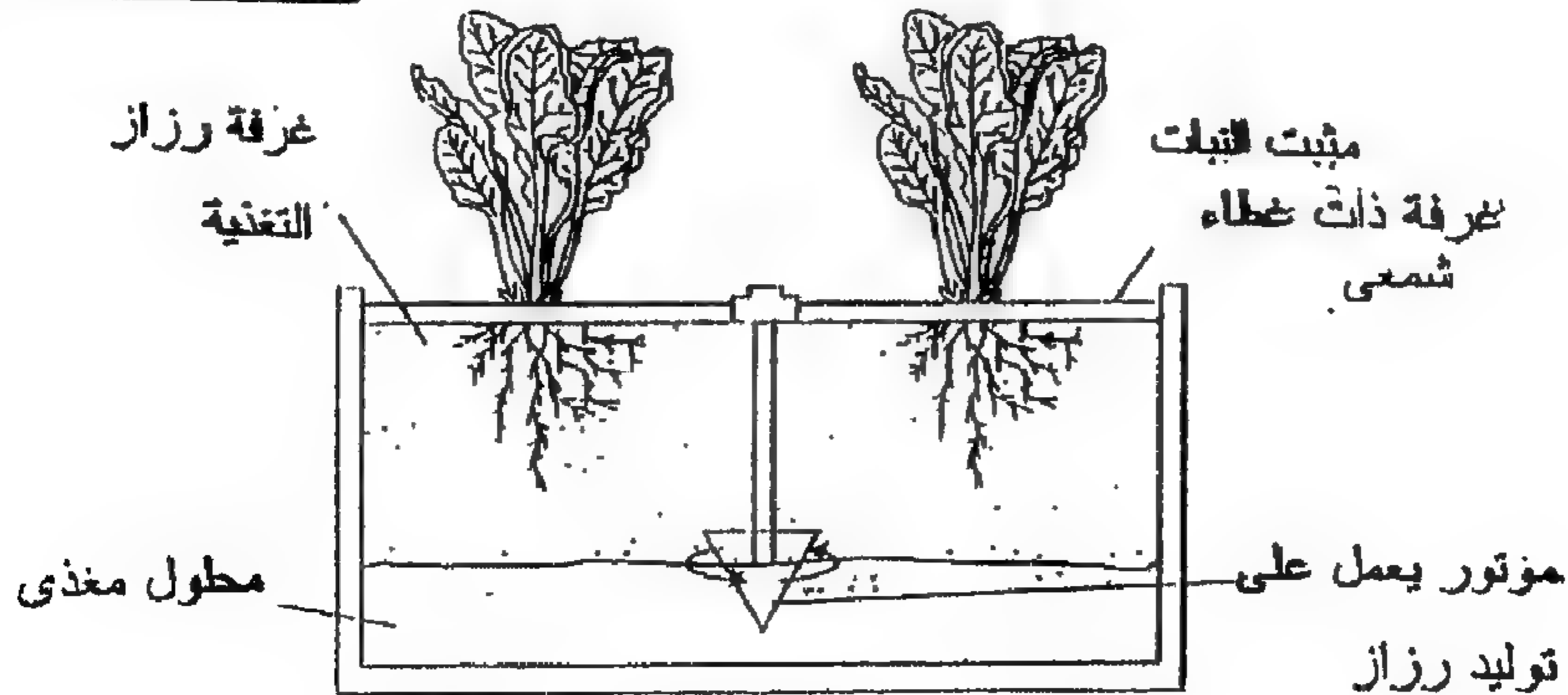
وقد أفادت في دراسة طبيعة الفعل الجيني المتحكم في وراثية كفاءة
إستفادة بادران الذرة الشامية من الفوسفور والنامية تحت ظروف محلول مغذي
منخفض المحتوي من العنصر (Furlani et al. , 1998) .

كما أمكن توظيف هذه التقنية في تقييم كفاءة الاستفادة من الزنك لدياليل
الأرز بين ثلاثة أصناف كفاء وثلاثة أصناف عديمة الكفاءة في محاليل مغذية
ودراسة السلوك الوراثي للصفات المرتبطة بكفاءة الاستفادة من العنصر (Wang
et al., 2004) .

نظام لنمو برزاز التغذية



نظام لنمو الهوائي



شكل (2 - 8) : بعض أنظمة الهيدروبونات المستخدمة في التقييم لتحمل نقص العناصر .

3- التقييم تحت ظروف البيوت المحمية

Evaluation under greenhouse conditions

تفيد البيوت المحمية في تقييم أصناف وسلالات المحاصيل لتحمل نقص العناصر الغذائية . وقد أفادت الصوب الزجاجية Glasshouse في دراسة مقارنة كفاءة إمتصاص النيتروجين في هجينين من الأرز مع السلالات الأبوية زرعت في تصميم عشوائي تام وجربت مستويات صفر ، 30 ، 60 ، 90 ، 120 مجم نيتروجين / كجم تربة (Mondal and Pal , 2003) ، حيث كانت كفاءة إمتصاص النيتروجين أعلى ما يمكن (2.14) تحت مستوى النيتروجين الأقل ، ومع كل زيادة في إضافة الأزوت حدث نقص معنوي في كفاءة الامتصاص إلى أن بلغت 0.89 مع المستوى العالي من الأزوت.

4- التقييم في أصص تحت ظروف البيوت المحمية

Evaluation in pots under greenhouse conditions

تستخدم أصص تملأ بتربة ينقصها العنصر موضع الدراسة في عملية التقييم . وتعتبر الأصص أكثر ملاءمة لتقييم إستجابة البادرات وغير مرغوبة في حالة الرغبة في الحصول على البذرة . على أن يؤخذ في الاعتبار ملئ الأصص بتربة متجانسة معروف جيداً نقص العنصر بها . وعند حفظ الأصص في البيوت المحمية يكون من المرغوب فيه التحكم في درجة الحرارة لتجنب التغيرات المحتملة في حالة العنصر .

وقد أفادت تجارب الأصص تحت ظروف البيوت المحمية في دراسة كفاءة الاستفادة من النيتروجين والفوسفور لخمس آباء وهجنها في الجيل الثاني من الشعير في أصص مزدوجة الجدار متجانسة في مكررات ملئت بتربة رملية - طميية ينقصها العنصرين خلطت ميكانيكياً مع بيت Peat ورمل Quartz بنسبة

4 : 1 : 1 بالحجم على pH 6.6-6.8 ، وخزنت لمدة 8 أسابيع . وتم تقدير تركيز العناصر الميسرة للنبات من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم في الوسط وتم تطبيق المعاملات الآتية (Gorny and Sodkiewicz 2001) :

1- المقارنة : التسميد ومحتوي الرطوبة الأمثل : 17% محتوى رطوبة (70% سعة حقلية) مع إضافة العناصر بمعدل 73 مجم نيتروجين ، 70 مجم فوسفور و 83 مجم بوتاسيوم / كجم تربة.

2- المستوي المنخفض من العناصر : خفض مستوى العناصر مع المحتوى الرطوبي الأمثل وأضيفت العناصر بمعدل 24 مجم نيتروجين ، 30 مجم فوسفور ، 13 مجم بوتاسيوم / كجم تربة.

3- معاملة الجفاف : التسميد الأمثل ، مع خفض محتوى الرطوبة إلى 7.5% (30 % من السعة الحقلية).

وتم أخذ عينة من 10 نباتات قسمت إلى قش وأوراق وحبوب ، وقدر الوزن الجاف لهذه الأجزاء بعد التجفيف على 65° م لمدة 72 ساعة .

وتم تقدير محتوى تلك الأجزاء من النيتروجين والفوسفور وقيست كفاءة نباتات الشعير في تكوين الحبوب على أساس الوزن الجاف للحبوب ومحتوي النيتروجين والفوسفور الكلي في النبات وتم حساب المقاييس الآتية :

1- نسبة كفاءة النيتروجين (NER) Nitrogen efficiency ratio

أي كمية المادة الجافة المنتجة لكل وحدة من نيتروجين النبات .

2- نسبة كفاءة الفوسفور (PER) Phosphorus efficiency ratio

أي كمية المادة الجافة المنتجة لكل وحدة من فوسفور النبات.

3- دلائل كفاءة الاستفادة من النيتروجين والفوسفور PUE , NUE

أي كمية المادة الجافة المنتجة بالكجم / كجم من العنصر .

طبقاً لـ (Siddiqi and Glass , 1981) .

كما أفاد إستخدام الأصص البلاستيكية ملئت برمل ناعم مغسول خالي من الحديد في التفريق وراثياً بين سلالة الذرة الرفيعة المحلية TX 430 المتحملة لنقص الحديد والصنف IS 2219 B الحساس لنقص العنصر وهجين الجيل الأول والثاني . وتم ري النباتات بمحلول هو جلاند - وأرنون المغذي كل 3 أيام.

وبعد 45 يوم من الزراعة وعند ظهور أعراض نقص الحديد ، تم تقدير الصفات الخضرية الآتية المرتبطة بنقص الحديد (Mahmoud *et al.*, 2005).

- 1- طول الورقة
- 2- عرض الورقة
- 3- عدد الأوراق الكلي / نبات
- 4- وزن المجموع الخضري / نبات.

5- التقييم باستخدام مزارع الأنسجة

Evaluation by using tissue cultures

تفيد مزارع الأنسجة في دراسة حالة العناصر على المستوى الخلوي وفهم الأساس الكيموحيوي والفسيوولوجي لتحمل نقص العناصر الغذائية . حيث ساعدت في دراسة إمتصاص والتوزيع الداخلي للحديد في نباتات Plantelets قصب السكر عمر 60 يوم والناجمة من الصنف Co-Pant 84212 باستخدام نظير الحديد المشع Iron -59 لفهم أسباب الأصفرار الناتج عن نقص الحديد. حيث لاحظ Singh وآخرون (2003a) إستمرار إمتصاص الحديد مع الوقت وحركة تدريجية من الجذور إلى السوق وسجلت مستويات عالية من النشاط الإشعاعي في الجذور.

6- التقييم تحت الظروف الحقلية

Evaluation under field conditions

يقوم مربّي النبات ومنتجي المحاصيل بإجراء الدراسات الخاصة بتحمل نقص العناصر الغذائية أكثر ما يكون تحت الظروف الحقلية ويتطلب الانتخاب تحت هذه الظروف وجوب تجانس أرض الحقل لنقص العنصر موضع الدراسة. ويكون من المرغوب فيه زراعة المحصول في الحقل لكشف مدى تجانسه قبل إجراء عملية الانتخاب. ويعتبر الانتخاب تحت الظروف الحقلية أكثر تفضيلاً إلى حد كبير مقارنة بالبيوت المحمية للأسباب المنطقية والاقتصادية.

وعموماً يراعى ما يلي في برامج تقييم جيرمبلازم المحاصيل لتحمل نقص العناصر الغذائية :

1- اختيار مساحة متجانسة من الأرض تمثل الحقل المراد إختباره غير مسمدة بالسماذ البلدى .

2- تقسم المساحة إلى قطع تجريبية حسب ظروف الأرض وحسب التصميم الإحصائي.!! سبع وتتراوح مساحة القطعة التجريبية عادة من 100/1 : 100/1 من الفدان .

3- نوزع المعاملات السماذية على القطع التجريبية حسب النظام المقرر للتجربة
4- تحلل النتائج إحصائياً .

ومن التصميمات المتبعة في هذا المجال ؛ التصميم العشوائى الكامل ، التصميم الشرائحى ، والمربع اللاتينى .

وتحت الظروف الحقلية ، أمكن تقييم ستة أصناف من قمح الخبز مع أصناف مقارنة متحملة ومتوسطة التحمل وحساسة ، زرعت في قطع تجريبية احتوت على 8 سطور بطول 2.5 متر تحت مستويين من البورون صفر ، 1 كجم بورون / هكتار أضيفت قبل الزراعة . وقد قام Subedi ومعاونوه

(1997) بتقدير نسبة العقم في السنابل وعدد سنابل المتر المربع وعدد السنابل متأخرة الظهور ووزن 1000 حبة ومحصول الحبوب ربطاً مع معاملات البورون.

مقاييس تحمل نقص العناصر الغذائية

- 1- التبكير في النضج.
 - 2- إرتفاع النبات.
 - 3- عدد الاشطاء أو الفروع الكلية والمنتجة للنبات.
 - 4- الإنتاج الكلي من المادة الجافة.
 - 5- محصول الحبوب.
 - 6- دليل الحصاد = $\frac{\text{محصول الحبوب}}{\text{محصول البيولوجي}} * 100$
 - 7- مقاييس كفاءة الاستفادة من العناصر سالفة الذكر (يراجع الباب السابع)
 - 8- دليل تحمل إجهاد العناصر السابق الإشارة إليه (يراجع الباب السابع)
 - 9- التقييم بمجرد النظر .
- فقد طور IRRI (1996) نظام للتقييم القياسي (SES) لغرلة جيرمبلازم الأرز لنقص الفوسفور والزنك وذلك على مقياس Scal من 1 إلى 9 حيث 1 : يكون عالي التحمل.
- 9 : يكون عالي الحساسية.

القسم الثالث

وراثة وتربية المحاصيل لتحمل

زيادة أو سمية العناصر الغذائية

*Genetics and Breeding Crops
for Nutrient Elements
Toxicity Tolerance*

القسم الثالث

وراثة وتربية المحاصيل لتحمل زيادة

أو سمية العناصر الغذائية

Genetics and Breeding Crops for Nutrient Elements Toxicity Tolerance

مقدمة

تعانى عديد من مناطق العالم القابلة للزراعة من وجود بعض العناصر بمستوى عالٍ يصل أحياناً إلى حد سمية النبات . ويتولد إجهاد السمية من وجود العناصر بنسب تفوق الحدود الحرجة في بيئة النبات أو في مجال إنتشار الجذور . فتؤدي الإضافات الزائدة من النيتروجين إلى تراكم النتترات والبيوريت السام في النبات والتأثير على الصحة العامة للإنسان والحيوان . ويؤدي وجود أيون الفوسفور بكميات عالية إلى سمية النبات . كما تؤدي أنيونات الكلورين والكبريتات والكربونات والبيكربونات وكذا أيون الصوديوم إلى ملوحة وقلوية الأرض . كما يحدث اضطراب للعمليات الحيوية بفعل سمية عناصر الألومنيوم والمنجنيز والبورون والكلورين والنحاس والرصاص والكاديوم والحديد والزنك... وغيرها . وبالإضافة إلى سمية هذه العناصر فإنها تؤدي إلى عدم الاتزان الأيوني في التربة والنبات .

ويرجع إرتفاع تركيز هذه العناصر إلى أنشطة الإنسان المختلفة ، ومن أهمها التلوث بمياه الصرف الصحي ومخلفات المجارى والمصانع وعوادم السيارات والاستخدام غير المقنن للأسمدة والمبيدات . هذا إلى جانب الأمطار

الحامضية التي تحتوى على تركيزات سامة من الألومنيوم والمنجنيز وأكاسيد الكبريت وغيرها من العناصر الضارة .

ولا يخفى الأضرار التي تسببها سمية العناصر على إنتاجية المحاصيل المنزرعة . فقد قدر على سبيل المثال مقدار النقص فى المحصول فى جنوب آسيا نتيجة سمية عنصرى الحديد والمنجنيز بـ 1.8% بما قيمته 8.2 مليون دولار سنوياً (عن : Chopra, 2001) .

ويعتبر إزالة أيونات العناصر السامة أو الحد من آثارها أو تحويلها إلى صور غير ميسرة للنبات من الإجراءات غير العملية ، لذا يعتبر تطوير أصناف من المحاصيل الزراعية أقدر على تحمل سمية هذه العناصر من الحلول العملية لهذه المشكلة .

الباب الأول

العناصر الغذائية Nutrient Elements

يبدو من الضروري دراسة مشكلة زيادة العناصر وتحديد تأثيراتها الظاهرة على النباتات بدقة ، هل ترجع إلى مجرد إنخفاض درجة حموضة التربة، أم إلى زيادة العنصر أو يشترك فيها خليط من مجموعة من العوامل .

أولاً : العناصر الكبرى Macroelements

النيتروجين Nitrogen

يعتبر محتوى نبات القمح والشعير من النيتروجين (N) الأعلى من 30 جم / كجم من أنسجة النبات الناضج مستوى مرتفع يمكن أن يضر بالنبات (Fageria et al., 1997) .

وتبدو النباتات التي تتعرض لزيادة النيتروجين بلون أخضر داكن ومجموع خضري غزير وتكون عرضة للإصابة الميكانيكية والفطرية والحشرية، وعادة تكون ذات مجموع جذري محدود .
وتظهر مشكلة تلوث المياه الجوفية بالنترات نتيجة الإسراف في الأسمدة النيتروجينية المعدنية ، مما يؤثر على حالة النبات الفسيولوجية ويسبب مشاكل صحية للإنسان تتمثل في زيادة نسبة البولينا وحدوث الفشل الكلوي وسرطان المرئ والمعدة .

وتظهر أعراض سمية النترات NO_3^- على النبات أكثر ما يكون مع نقص محتوى الأرض من البوتاسيوم ، في صورة إحتراق وضعف حواف الأوراق القديمة ، كما تتجدد أنسجة الورقة بين العروق .

وتؤدي زيادة مستويات أيون الأمونيوم NH_4^+ إلى الحد من إنبات البذور ونمو الجذور ، كما تبدو أعراض سمية الأمونيوم في صورة تجعد وجفاف حواف الأوراق وإصفرار ونكرزة نصل الورقة ، لاسيما في محاصيل الحبوب مثل القمح والشعير والذرة الرفيعة والدخن ومحاصيل الألياف مثل القطن . ويحدث ذلك في الأراضي الجامضية والقلوية - الصودية نتيجة نقص تيسر وإمتصاص عديد من العناصر الغذائية الأخرى .

وتتأثر أصناف القمح المكسيكية قصيرة الساق جرعات عالية من نترات الأمونيوم و الأمونيوم مقارنة بالأصناف الهندية الطويلة .

الفوسفور Phosphorus

تبلغ نسبة الفوسفور (P) الكافية لاحتياج النبات 2 % من الوزن الجاف. وتؤدي عملية إجتفاف حبيبات التربة إلى حمل الفوسفات الممتز على أسطح الحبيبات إلى المياه السطحية ، حيث تحمل مادة الأرض المجترفة فوسفور أكثر من الأرض نفسها بمقدار 3.4 مرة ، وينعكس ذلك سلباً على إمتصاص الزنك والحديد ، مما يؤثر على إنتاجية المحصول المنزرع .

ويعتبر محتوى نبات القمح والشعير من الفوسفور الأعلى من 3.4 جم / كجم من أنسجة النبات الناضج مستوى مرتفع يمكن أن يؤثر على فسيولوجي النبات (Fageria et al., 1997) .

وتبدو أعراض زيادة الفوسفور في صورة إصفرار ما بين العروق في الأوراق الحديثة ، وحدوث نكرزة وموت حواف الأوراق القديمة ثم تصفر

الأوراق وتسقط . كما يحدث تقزم شديد للنباتات عند المستويات العالية من الفوسفور ويقل حجم وعدد العقد ، مصحوباً بسمية النباتات .
وتتباين الأصناف في درجة تحملها للجرعات الزائدة من الفوسفور ، ولقد سجل إمتصاص وانتقال الفوسفور في الأصناف المتحملة والحساسة من فول الصويا ، غير أن ظهور أعراض السمية وتطورها كان أسرع على الأصناف الحساسة مقارنة بالمتحملة .

البوتاسيوم Potassium

يعتبر محتوى البوتاسيوم (K) في المحلول الأرضي الأكثر من 400 جزء في المليون عالياً ، ويؤدي زيادة مستوى البوتاسيوم عن ذلك إلى نقص إمتصاص الكالسيوم والماغنسيوم ، الأمر الذي يؤدي إلى تغيرات غير مرغوبة في كيموحيوى وفسيولوجى النبات .

وبالرغم من ندرة حدوث زيادة في البوتاسيوم في محلول التربة ، إلا أنه لوحظت تأثيرات سامة للعنصر تشبه سمية الماغنسيوم ، وتقل هذه التأثيرات في حالة وجود توازن مع الكالسيوم .

وتؤدي التركيزات العالية من البوتاسيوم إلى حث نقص الماغنسيوم وظهور أعراض إصفرار الحديد . ويظهر على أوراق النباتات النامية تحت مستويات زائدة من البوتاسيوم في صورة كلوريد بوتاسيوم مظاهر إحتراق ، حيث تبدو الأجزاء العلوية من الورقة باللون البنى ، يتجه أحياناً إلى قاعدة الورقة وتضعف وتذبل الأوراق وتسقط على الأرض .

وتظهر على النباتات المنزرعة تحت مستوى عالٍ من كبريتات البوتاسيوم أعراض إحتراق أقل شدة ، ولكن تبدو أكثر إحمراً عن النباتات النامية في وجود كلوريد البوتاسيوم . وتكون النباتات في الحالتين داكنة مائلة إلى اللون الأصفر ، ثم تبدأ في الموت .

الكالسيوم Calcium

يصل التركيز الأقصى للكالسيوم (Ca) فى محلول التربة حوالى 450 جزء فى المليون ، وعند وجوده بمستوى يفوق هذا التركيز يصاحب ذلك عديد من التغيرات الفسيولوجية على النباتات الحساسة .

وتظهر على أوراق النباتات التى تسمد بمستويات زائدة من الكالسيوم فى صورة كلوريد الكالسيوم ، لون بنى مسود ، ويظهر بها خطوط حمراء فاتحة على تعريق الورقة ، كما تظهر بقع حمراء داكنة وتذبل الأوراق وتسقط على الأرض . كما يتحول لون الجذور إلى الأسود وتبدو لزجة .

وتظهر على النباتات النامية تحت جرعات عالية من كبريتات الكالسيوم أعراض أقل شدة مقارنة بتلك النامية تحت جرعات زائدة من كلوريد الكالسيوم ، غير أنها تكون أكثر إحمراراً .

ويعتبر الجواياىل من المحاصيل الأكثر تحملاً لإضافة أملاح الكالسيوم . وقد لوحظت تأثيرات سامة لإضافة كلوريد الكالسيوم ونترات الكالسيوم على الكتان وحشيشة الأوركارد مقارنة بكلوريد الصوديوم ، ويرجع ذلك إلى تراكم الكالسيوم والكلوريد فى الأوراق .

الماغنسيوم Magnesium

يسبلغ التركيز الأقصى للماغنسيوم (Mg) فى المحلول الأرضى الذى يمكن أن يتحملة النبات 200 جزء فى المليون . وتعتبر التركيزات العالية من الماغنسيوم سامة للنبات ، ويمكن تخفيف هذه التأثيرات بإضافة أيون الكالسيوم إلى البيئة .

وتظهر أعراض الضرر على قمم الأجزاء العلوية من أوراق النبات عن الأجزاء الموجودة بقاعدة الأوراق للنباتات النامية تحت مستويات زائدة من

كلوريد الماغنسيوم. ويتحول لون الأنسجة عند الحواف إلى اللون البنى ،
ويصاحب ذلك موت الأوراق وتصبح الأنسجة الموجودة بين العروق فاتحة اللون
من القمة إلى القاعدة . كما يتحول لون الجذور إلى البنى الداكن وتبدو لزجة .

الكبريت Sulphur

يتباين محتوى الأراضى من عنصر الكبريت (S) من كميات قليلة إلى
1000مجم / كجم تربة (0.1 %) . وتؤدى المستويات العالية من الكبريت إلى
حدوث مشاكل فى الأراضى الملحية والكبريتية الحمضية ، والتأثير على نمو
النباتات . ويعتبر محتوى الكبريت الذائب فى حدود 5 مجم / كجم تربة مناسباً
لنمو معظم المحاصيل ، غير أن نباتات العائلة الصليبية تحتاجه بنسبة أكبر .
ولقد إزدادت فى الآونة الأخيرة آثار التلوث بثانى أكسيد الكبريت نتيجة
إنبعاث نواتج احتراق الوقود الحجرى ونواتج معامل تكرير البترول والصناعات
المختلفة . كما تحمل الأمطار الحامضية نسباً عالية من ثانى أكسيد الكبريت فى
سواء المدن الصناعية مؤدية إلى ضرر المحاصيل . حيث قدر المتوسط السنوى
لتركيز ثانى أكسيد الكبريت والدخان والأتربة العالقة فى منطقة حلوان (جنوب
القاهرة) فوجدت 44.6 ، 64.4 و 394 ميكروجرام / م³ ، على الترتيب وهى
تركيزات أعلى من المسموح بها (Shakour et al, 2006) .

وتظهر أعراض زيادة الكبريت فى صورة إنخفاض معدل النمو وصغر
حجم الورقة وإصفرار الأنسجة بين العروق وفى النهاية يحدث احتراق أوراق
النبات .

ثانياً : العناصر الصغرى

Microelements

الألومنيوم Aluminum

تعتبر سمية عنصر الألومنيوم (Al) أحد محددات زراعة المحاصيل فى الأراضى الحامضية وإنتاج الغذاء فى عديد من الأقطار التى ينخفض pH أراضيها عن 5.0 . ولعل إنتاج وزراعة الأصناف المتأقلمة وراثياً مع ظروف الأراضى الحامضية ، قد يسمح بحل هذه المشكلة البيئية .

ويعتبر الألومنيوم من المعادن الشائعة فى الأراضى ويمثل مشكلة فى حوالى 30-40 % من المساحة القابلة للزراعة ، وينتشر فى أكثر من 50 % من أراضى البرازيل .

ويندر أن يزيد تركيز الألومنيوم فى الأراضى عن 4 جزء فى المليون . وتظهر سمية عنصر الألومنيوم بوضوح عند pH أقل من 5.5 حيث يزداد تيسره وإمتصاصه بواسطة النبات .

ويرجع التأثير الأساسى لسمية الألومنيوم إلى إحداثه عدم ثبات للغشاء البلازمى . وتتفاعل الصور المعقدة للعنصر مع مختلف الجزيئات الحيوية ، ومنها حمض الستريك . ويعتبر حمض الستريك من الجزيئات الحيوية المسئولة عن مقاومة أصناف المحاصيل لسمية عنصر الألومنيوم . كما يؤدي الهلام النباتى Mucilage الذى تفرزه بعض أصناف المحاصيل إلى نقص إمتصاص الألومنيوم بواسطة الجذور . وترجع الاضطرابات المختلفة الراجعة إلى سمية الألومنيوم إلى إرتباطه بالبروتينات مؤدياً إلى تغير طبيعة البروتين . كما يؤدي إلى تغيرات فى الكالموديولين Calmodulin الذى يعتبر مفتاح سمية الألومنيوم فى خلايا النباتات حقيقية النواة .

وتظهر أعراض زيادة عنصر الألومنيوم على أوراق الذرة الرفيعة في صورة إصفرار مشابهة في ذلك لأعراض نقص الحديد ، وتُظهر بعض الأصناف أعراض مشابهة لنقص الفوسفور .

وتؤدي سمية الألومنيوم إلى نقص نمو ومعدل إستطالة الجذور مؤدياً إلى تغيرات لونية وتثبيط تكوين جذور جانبية . وتبدو الجذور أقصر وأسمك وأخشن . وبصفة عامة ، تكون للبائدرات أكثر حساسية لسمية الألومنيوم من النباتات البالغة . وفي عدد من الأنواع النباتية ، يصاحب سمية الألومنيوم حدوث نقص في عناصر الفوسفور والكالسيوم والحديد ، كما تتطور أعراض نقص عدد من العناصر الأخرى .

وتتباين أنواع وأصناف المحاصيل في تحمل زيادة مستوى الألومنيوم في التربة . وفيما بين محاصيل الحبوب ، يعتبر الراى أكثر تحملاً يليه الشوفان فالقمح ثم الشعير (Gallego and Benito, 1997) . وتعتبر طرق التربية والانتخاب لتحمل سمية الألومنيوم من الأمور الهامة ، خاصة عند توفر طرق فعالة في التقييم ومعرفة النظام الوراثي والذي يسمح بتحسين أقلمة الأصناف تحت هذه الظروف .

ويمكن التغلب على مشكلة سمية عنصر الألومنيوم بإضافة الجير وإستخدام الأنواع والأصناف المتحملة .

المنجنيز Manganese

تعتبر سمية المنجنيز (Mn) ثاني أهم المشاكل الشائعة في الأراضي الحامضية والتي تظهر بوضوح عند مستوي حموضة pH 5.5 أو أقل ، كما تحدث سمية المنجنيز تحت ظروف التهوية السيئة في الأراضي الغدقة والمندمجة عند pH 6 أو أعلى ، حيث يختزل المنجنيز إلى الصورة الثنائية الميسرة إلى الدرجة التي قد يصبح معها تركيزه في

المحلول الأرضى ساماً ، مما يسبب مشاكل للنباتات النامية بتلك الأراضي لاسيما تحت ظروف الحرارة العالية والجفاف .

وتظهر أعراض سمية المنجنيز على النبات إذا زاد تركيزه عن 500 جزء فى المليون ، ويشذ عن ذلك نبات الأرز ، حيث وجد أن هذا النبات شديد التحمل لزيادة المنجنيز فى وسط النمو حتى إذا وصل التركيز إلى 2500 جزء فى المليون ، وتبلغ حدود السمية لعنصر المنجنيز فى أوراق المحاصيل الحساسة مثل الذرة الشامية والبسلة من 200 – 300 مجم / كجم مادة جافة ، أما فى المحاصيل متوسطة الحساسية مثل فول الصويا والقطن فيتراوح بين 600 – 750 ، فى حين يصل فى المحاصيل المتحملة مثل الأرز وزهرة الشمس والبطاطا إلى <1500 جزء فى المليون .

وتؤدى سمية المنجنيز إلى نقص نشاط مختلف الإنزيمات ، غير أنه يزيد من مستوى الإنزيمات المؤكسدة Oxidases مثل أندول حمض الخليك ويؤدى إلى نقص التنفس ومستويات الطاقة ATP والتأثير على تمثيل الكالسيوم والحديد . وتظهر أعراض السمية فى الغالب على المجموع الخضرى فى صورة إصفرار يبدأ من حواف الأوراق القديمة ويتحول إلى اللون البنى مع عدم إنتظام توزيع الكلوروفيل ونكرزة وتجعد الأوراق وتأخذ الورقة شكل الكوب . وفى الفاصوليا ، يتحول لون الأنسجة بين العروق إلى الأصفر – البرونزى . وتختلف الأعراض باختلاف نوع النبات . .

ويمكن التغلب على مشكلة سمية المنجنيز بزراعة أنواع وأصناف المحاصيل المتحملة أو إضافة الجير ، أو الرش بمحلول 0.1% من سلفات المنجنيز .

البورون Boron

يعتبر البورون (Bo) من العناصر المغذية الصغرى ، إلا أنه يصبح ساماً للنبات في حالة وجوده في التربة بكميات تزيد عن 200 جزء في المليون . وقد لوحظ تأثر نمو معظم نباتات المحاصيل عند وجوده بتركيز يزيد عن 50 إلى 200 جزء في المليون .

وتراوح الحد الحرج لتركيز البورون في المجموع الخضرى للشعير من 50-70 مجم / كجم وزن جاف في مرحلة البلعمة . وبلغ متوسط محتوى البورون في الأصناف المتحملة 22.8 مجم / كجم ، وحدثت السمية في الأصناف الحساسة عند 56 مجم / كجم في القش و 323 مجم / كجم في الجزء العلوى من النبات (Cartwright et al., 1986) .

وتؤدى الزيادة في تركيز البورون إلى إعاقة النمو الطبيعى للنبات ، وظهور أعراض السمية والتي تتمثل في إحتراق قمم الأوراق وظهور اللون الأصفر الباهت والذي ينتشر بين العروق الجانبية متجهاً إلى العروق الوسطى ويؤدى إلى شيخوخة الأوراق . كما يقل حجم المجموع الجذرى والخضرى ويقل طول النبات ويتأخر النمو والتطور .

وتظهر مشكلة سمية البورون في الأراضي الموجودة في المناطق الجافة، وخاصة في الأراضي الملحية الصودية والأراضي الناشئة من الترسيبات البحرية والأراضي التى يتم ريها بمياه ذات محتوى مرتفع من البورون والأراضي الناشئة من مادة أصل غنية في البورون وأخيراً الاستهلاك الزائد من الأسمدة الحاملة للبورون . ويمكن معالجة سمية البورون في الأرض عن طريق استخدام الأسمدة النيتروجينية وخاصة نترات الكالسيوم ، حيث ثبت كفاءة هذا السماد في معالجة سمية البورون . كما يساعد إضافة الجير بكمية معتدلة في

علاج آثار السمية . ويعتبر زراعة أنواع وأصناف حاصيل المتحملة من
الحلول العملية لهذه المشكلة .

الكورين Chlorin

تظهر أعراض السمية الناتجة عن زيادة الكورين (Cl) على النبات
عند وجوده بتركيز 700 جزء في المليون في المحلول الأرضي وبتركيز 3.5
جم كلورين / كجم وزن جاف من أوراق النبات . ويبدو هذا التركيز ساماً
للمحاصيل الحساسة مثل القطن والدخان والبقوليات والبطاطس وأشجار الفاكهة،
وتبدو سمية الكورين أكثر ظهوراً في الأراضي المتأثرة بالأملاح أو في المناطق
الساحلية .

وتتمثل الأعراض الناتجة عن السمية في إحتراق حواف الأوراق ،
وظهور اللون البرونزي ويقل حجم الورقة مع النضج المبكر للأوراق وإصفرار
الأوراق الحديثة ثم سقوطها . وتختلف المحاصيل في درجة حساسيتها وبالتالي
في درجة تحملها للكورين في التربة ، فتعتبر محاصيل بنجر السكر ، الشعير ،
الذرة الشامية ، السبانخ والطماطم عالية التحمل . في حين تعتبر اللوبيا ،
الفاصوليا ، الموالح ، البطاطس ، الخس وبعض البقوليات من المحاصيل
الحساسة لسمية الكورين .

النحاس Cupper

يبلغ تركيز النحاس (Cu .) في القشرة الأرضية 80 جزء في المليون ،
وقد وصل تركيزه في الطبقة السطحية من التربة في المناطق القريبة من مصادر
التلوث الصناعي 350 جزء في المليون .

وتظهر أعراض سمية النحاس إذا تعدى تركيزه في النبات عن 20 جزء في المليون ، وتظهر أعراض السمية على غالبية النباتات ومنها القطن ، البرسيم الحجازي ، فول الصويا والذرة الشامية إذا زاد تركيزه عن 30 جزء في المليون (عن : الـ FAO, 1983) .

وتظهر أعراض سمية النحاس بكثرة مع الاستخدام الزائد للأسمدة التي تحتوي على النحاس وكذا المبيدات الفطرية والحشرية .

ويؤدي زيادة أيون النحاس إلى تثبيط نشاط أنزيمات RUBP carboxylase في الشعير وإنزيم PEP carboxylase في الذرة الشامية .

وتظهر أعراض سمية النحاس على النباتات عند تراكمه في الجذور وانتقال كميات قليلة منه إلى المجموع الخضرى ، فتبدو الجذور قصيرة داكنة مع نهايات سوداء وظهور عدد من الجذور الجانبية . كما ينخفض محتوى كلوروفيل الورقة ونسبة كلوروفيل أ : ب فتبدو الأوراق صفراء مشابهة لأعراض نقص الحديد ، ويقل حجم المجموع الخضرى ويقل التفريع والمحصول . وقد بلغ نسبة النقص في محصول الشوفان من 40-70 % في التربة التي احتوت على 0.4 جم نحاس / كجم تربة (Tikhomirov et al., 1988) .

ويمكن علاج سمية النحاس بإضافة مركبات الحديد المخلبية إلى التربة أو رشاً على الأشجار إلى جانب زراعة الأصناف المقاومة لسمية العنصر .

الحديد Iron

تنتشر أعراض سمية الحديد (Fe) في عدد من دول العالم ومنها الفلبين وماليزيا وأندونيسيا وتايلاند وبورما وبنجلاديش والهند وسريلانكا وليبيريا وسيراليون وكولومبيا .

وتزداد سمية الحديد في الأراضي شديدة الحموضة نتيجة تواجد أيون الحديدوز بتركيز مرتفع قد يصل إلى حد السمية للنباتات النامية . ويتحول لون الأوراق القديمة إلى البرونزي ، مستحثاً نقص الفوسفور والبوتاسيوم والزنك .

ويبلغ حد السمية لعنصر الحديد 500 ملجم / كجم مادة جافة من الأوراق. وتتباين أصناف المحاصيل في درجة تحملها لسمية الحديد . وتعتبر أصناف أرز المناطق المرتفعة أكثر حساسية لسمية الحديد من أرز المناطق المنخفضة مؤدياً إلى نقص في المحصول بحوالى 10-20 % .

وقد بلغ تركيز الحديد في أوراق نباتات الأرز الأقل تأثراً 680 جزء في المليون مقارنة مع 560-580 جزء في المليون في النباتات عالية الحساسية للحديد ويتغير لون الورقة إلى البرونزي (Bacha and Ishiy, 1987) .

وفي فول الصويا ، بلغ تركيز الحديد في الأوراق غير المتأثرة للصنف Bossier 290 جزء في المليون في حين بلغ 702 جزء في المليون في الأوراق المتأثرة (Batagwa and Mascarenhas, 1981) .

الزنك Zinc

تظهر أعراض سمية الزنك (Zn) على النبات إذا زاد تركيزه في الأوراق عن 100 جزء في المليون . وتبلغ حدود السمية للزنك في محاصيل الذرة الشامية وفول الصويا والقمح والشعير حوالى 150 جزء في المليون وفي الموالح 200 جزء في المليون وفى الشوفان 400 جزء في المليون . (عن : الـ FAO, 1983) .

ويلاحظ أن عشائر المحاصيل المتحملة للزنك ، قد تكون غير متحملة لعناصر أخرى مثل النحاس والرصاص والنيكل .

تؤدي زيادة الزنك إلى إصفرار الأوراق نتيجة نقص محتوى الكلوروفيل وتغير تركيب الكربوهيدرات من أثر حث الزنك لنقص الحديد ، الأمر الذي يؤدي إلى تثبيط إمتصاص الحديد بالجذور ونقص إنتقاله إلى الأوراق . ويؤدي زيادة الزنك إلى نقص إنتقال المنجنيز إلى قمة النبات ، كما يؤدي إلى التأثير على أنوية الخلايا والانقسام الميتوسي وإنخفاض صافي التمثيل الضوئي . ويحدث نقص في نمو وتمدد الجذور وتتحول إلى اللون الأسود ويزداد حجم المجموع الخضري بالنسبة للمجموع الجذري .

الرصاص Lead

ينطلق الرصاص (Pb) إلى الهواء من عادم للسيارات وغيره من المصادر ، ويصل في نهاية الأمر إلى التربة . ويميل للرصاص الممتص بواسطة النبات إلى البقاء في الجذور ، كما تنتقل كميات معنوية منه إلى أعلى النبات ، وبذا يصبح خطراً على النبات والصحة العامة للإنسان والحيوان . تظهر أعراض سمية الرصاص على نباتات المحاصيل إذا زاد تركيزه في التربة عن 100 ملليجرام / كجم. ويؤدي زيادة تركيز الرصاص في أنسجة النبات عن 30 جزء في المليون إلى الحد من نمو وإستطالة الجذور الأولية، وتقل مساحة الأوراق ويقل محتوى الكلوروفيل ومعدل التمثيل الضوئي ، وينخفض معدل الانقسام الخلوي في قمم جذور الذرة الشامية وينخفض نشاط إنزيم PEP carboxylase ويقل محتوى مركبات الطاقة ATP ، ويؤدي كل هذا إلى نقص إنتاج المادة الجافة .

تظهر أوراق النباتات التي تعاني من زيادة الرصاص بنية محمرة مع وجود بقع ميتة في صورة نكرزة محاطة بلون أحمر . وتتأثر قمم الأوراق أكثر

من قاعدة الورقة وتتقدم الأعراض بشدة من الحافة إلى العرق الوسطى وتبدو الجذور قصيرة خشنة مع عدد أقل من الجذور المساعدة .

الكاديوم Cadmium

يؤدي وجود الكاديوم (Cd) في التربة بمدى أكثر من 10 إلى 30 جزء في المليون وفي الأنسجة النباتية بمدى أكثر من 5 إلى 30 جزء في المليون إلى نقص إنتاج المادة الجافة .

وتؤدي التركيزات العالية من الكاديوم إلى نقص نسبة الإنبات وطول الجذور والسيقان والوزن الغض والجاف للأعضاء النباتية ونقص فيتامين B₂ و C و α -tocopherol وكذا محتوى الكلوروفيل والكاروتينويدات نتيجة تأثيره على تخليق حمض 5-amino laevulinic . كما تثبط أيونات الكاديوم تخليق عديد الببتيد والتراكيب فوق المجهرية للكلوروبلاست وتأخير تكوين غشاء الثيلاكويد وأغشية الجرانانا كما يثبط الكاديوم نشاط إنزيمي RUBP carboxylase, PEP carboxylase .

كما يقلل الكاديوم من معدل انقسام الخلايا ويزيد من الشذوذات الكروموسومية في خلايا قمة الجذور .

ويتحول لون الأوراق مع زيادة الكاديوم إلى اللون الأحمر الشديد (المحروق) من الحافة إلى العرق الوسطى . وتبدو الأوراق المتأثرة بشدة حمراء ساطعة عن الأوراق السليمة . وتكون الجذور حمراء داكنة ، صغيرة مع عدم وجود نموات على الجذور الثانوية .

ويعتبر محتوى الكلوروفيل والفيتامينات والنترات ونشاط أنزيمات Nitrate reductase ، Glutamate dehydrogenase من أكثر المؤشرات حساسية للدلالة على سمية الكاديوم .

الكوبلت Cobalt

يتأثر نمو معظم نباتات المحاصيل عند وجود الكوبلت (Co) في التربة بمدى من 25 - 50 ملليجرام / كجم تربة ، في حين تبلغ حدود السمية في أنسجة النبات الناضج من 15 - 50 ملليجرام / كجم مادة جافة . تشبه أعراض زيادة الكوبلت أعراض نقص الحديد ، باستثناء أنها تظهر على الأوراق الحديثة بمجرد تكشفها في صورة شحوب وإصفرار ولا تلبث أن تموت . وتبدو الجذور قصيرة خشنة ويتوقف نمو النبات .

النیکل Nickel

تظهر أعراض سمية النيكل (Ni) على النبات إذا زاد تركيزه في التربة عن 100 ملليجرام / كجم تربة . وتتراوح حدود السمية في النبات من 10-100 ملليجرام / كجم مادة جافة من أنسجة النبات الناضج . وتؤدي سمية النيكل إلى نقص معدل نمو النبات في محاصيل البقول . كما يحدث إغلاق جزئي للشعور ، في حين لم ينخفض الجهد المائي للأوراق والسيقان . وقد سُجل نقص في محصول الحبوب والقش في الشوفان بحوالى 39 و 50 % ، على التوالي .

وقد لوحظ في النباتات المتأثرة بسمية النيكل حدوث تثبيط لعملية اللجننة و / أو سمك خلايا الهيودرمس وتثبيط تميز وتكشف الأنسجة الوعائية ونقص عدد طبقات الخلايا ومساحتها .

وقد لاحظ Setia وآخرون (1988) عند معاملة نباتات القمح بكلوريد النيكل بتركيز 300 ، 400 مجم / لتر ، حدوث نقص في عدد سنيبلات السنبلية ، وعند تركيز 500 مجم / لتر حدث توقف لتطور وظهور السنبلية في الصنف WL 711 .

وتشبه أعراض زيادة النيكل أعراض نقص الحديد أيضاً ، وهذه الأعراض لا تنتشر قرب قمة الورقة كما هو الحال فى نقص الحديد . وتبدو الأوراق الصغيرة عند مراحل النمو المبكرة شاحبة اللون مصفرة تشبه فى ذلك أعراض نقص الحديد مع ظهور نكرزة شديدة وتتجدد الورقة وتموت . وتظهر بالأوراق القديمة صبغات برتقالية . وتبدو الجذور قصيرة خشنة مشابهة لأعراض زيادة الألومنيوم ولكن ليس بنفس الشدة . وتؤدى إضافة الجير إلى الحد من سمية النيكل .

الزئبق Mercury

تزداد كميات الزئبق (Hg) الواصلة للهواء والماء إلى بيئة النبات مع استخدام المبيدات والأنشطة الإشعاعية . وتحت ظروف التهوية السيئة يتحول الزئبق غير العضوى إلى ميثايل الزئبق ذو السمية الشديدة .

ويؤدى وجود الزئبق فى الأراضى الزراعية بمدى يزيد عن 10 ملليجرام / كجم تربة وفى أنسجة النبات بمدى يزيد عن 1 إلى 3 ملليجرام / كجم مادة جافة إلى سمية النبات .

وينتج عن زيادة الزئبق تحول لون الأوراق إلى البنى المسود ، مع ظهور نكرزة وبقع داكنة ، وتصبح الأوراق منفذة للماء ، جلدية وتلتف بشدة ، ويشبط أحياناً نمو الجذور إلا أنها تكون أقرب إلى الطبيعية .

الموليبدنم Molybdenum

تحدث سمية الموليبدنم (Mo) عند وجوده بتركيزات عالية جداً تصل إلى أكثر من 1500 جزء فى المليون . ويحدث تراكم للعنصر فى الأوراق وتتلون باللون الذهبى وهو ما لوحظ فى نباتات زهرة الشمس ، الفاصوليا والطماطم .

ويؤدي زيادة مستوى الموليبدنم في محاصيل العلف وعدم إتزان النسبة بينه والنحاس في العليقة إلى ظهور مرض teart ، لاسيما عند زيادة محتوى العليقة من الموليبدنم عن 5 - 10 جزء في المليون . ويؤدي إستنشاق الإنسان للموليبدنم إلى ظهور مرض النقرس وتسوس الأسنان وتشوه العظام .

نماذج لأعراض سمية بعض العناصر الغذائية على نباتات المحاصيل
صفحة 338 .



أعراض سمية الألومنيوم
على نبات الشعير



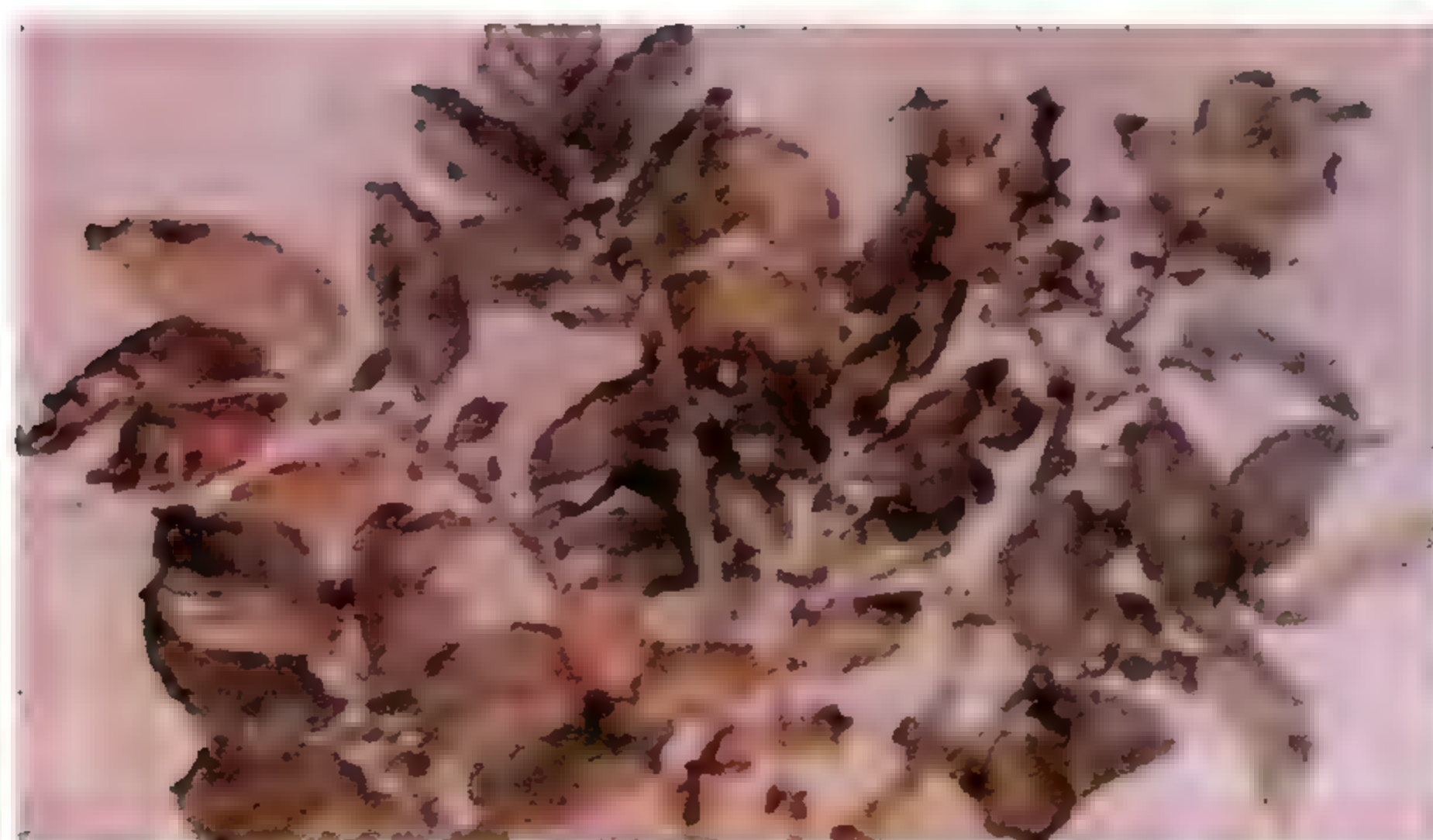
أعراض سمية الماغنسيوم
على نبات السلجم



أعراض سمية البورون على نبات البطاطس



أعراض سمية المنجنيز على نبات الريب



أعراض ضرر الكلورين على نبات البطاطس

ميكانيكية السمية وطبيعة للمقاومة
Mechanism of Toxicity and Nature
of Resistance

ينؤدي وجود العناصر في بيئة النبات بكميات أعلى من المستويات القصوى إلى حدوث إضرافات مرضية داخلية وخارجية ، تظهر على جميع أعضاء النبات أو على أي جزء منها مثل الأوراق ، السيقان ، الجذور ، الأزهار ، الثمار والبذور . ويرجع التأثير السام لهذه العناصر على النبات إلى ما يلي :

- 1- إحداث تغيرات في نفاذية أغشية الخلايا .
- 2- التنافس مع العناصر الضرورية عند الامتصاص .
- 3- ميلها إلى الارتباط مع مجاميع الفوسفات والمجاميع النشطة لمركبات الطاقة ATP , ADP .
- 4- تحلل محل الأيونات الضرورية في التفاعلات الحيوية .
- 5- إحتلال المواقع الفعالة في المجاميع الأساسية للفوسفات والنترات والأرسينات والفلورات والبورات والبرومات والسلفات والتنجسات

وتعتمد مقاومة أصناف المحاصيل لسمية العناصر على ميكانيكية التحمل Tolerance والتجنب Avoidance ، كما سجلت حالات من الإستبعاد Exclusion للعناصر السامة . ويمكن سرد الآليات المسئولة عن المقاومة في الآتي :

1- التركيب الوراثى Genetic makeup

مما لا شك فيه أن مقاومة أصناف المحاصيل لسمية العناصر المعدنية تعزى فى كثير من الحالات إلى وجود عوامل وراثية تتحكم فى هذه القدرة. فتوجد جينات تتحكم فى هدم سمية Detoxication الألومنيوم فى قمم جذور سلالات القمح المتحملة ، وجينات تتحكم فى تحمل أصناف الأرز لسمية الحديد وأخرى تتحكم فى مقاومة فول الصويا للمستوى الزائد من أيونات الفوسفات فى بيئة النبات ... وغيرها من الأمثلة التى تؤكد دور التركيب الوراثى فى مقاومة سمية العناصر ..

2- إعادة توزيع العناصر Mineral redistribution

يحدث فى النباتات المقاومة لسمية العناصر بعض الأشكال من التجزئ بين الخلوي ، ويمثل ذلك دوراً حيوياً فى عملية التحمل والإستبعاد من المجموع الخضرى ، وهو ما لوحظ فى بعض أصناف الراى والترتيكال والبرسيم الحجازى المقاومة لسمية الألومنيوم والمنجنيز . كما قد يحدث خلط للألومنيوم فى الجذور بواسطة الأحماض العضوية .

3- الاستبعاد من الأعضاء النباتية Exclusion from plant organs

يحدث إستبعاد لبعض العناصر السامة من داخل الجذور . حيث سُجل إستبعاد للمنجنيز من السيقان عبر الجذور فى الأصناف المقاومة . كما أعزى تحمل أصناف القمح والشعير لسمية البورون إلى الاستبعاد الجزئى أو نقص معدل إمتصاصه بالجذور وإنتقاله إلى المجموع الخضرى . كما سُجل إستبعاد للألومنيوم من جذور صنف القمح أطلس 66 ، وأعزى ذلك إلى خصائص أغشية

خلايا الجذور ، الأمر الذي صاحبه إنخفاض محتوى الألومنيوم في النبات. وقد لوحظ تراكم مستويات عالية من الألومنيوم في الأوراق القديمة والتي تستبعد بتساقط الأوراق ، في حين تحتوي الأوراق الحديثة على مستويات منخفضة نسبياً من العنصر وهو ما لوحظ في نبات الشاي .

4- نقص معدل إمتصاص وانتقال العنصر Decrease of mineral uptake and transport

لوحظ أن بعض نباتات المحاصيل المقاومة لسمية الألومنيوم ترفع من درجة حموضة بيئة الجذور ، ويؤدي ذلك إلى نقص تيسره وإمتصاصه ، وقد عرفت هذه الحالة في مقاومة أصناف القمح والشعير والأرز والذرة الشامية والبسلة . كما لوحظ إنخفاض معدل انتقال المنجنيز من الجذور إلى السيقان في الذرة الشامية .

هذا وقد تميزت النباتات المتحملة للنحاس بالقدرة على الحد من إمتصاص وانتقال العنصر عبر الأغشية وإنتاج النبات مركبات مخلبية تحتوي على أحماض أمينية مثل السيستين تعمل على خلب للعنصر وحجزه على جدار الخلية والسطوح البينية لغشاء البلازما وهو ما لوحظ في الذرة الشامية والبسلة .

5- خفض تراكم العنصر بالأعضاء النباتية Reduce of mineral accumulation in plant organs

لقد أعزى تحمل أصناف المحاصيل لسمية النترات والفوسفات إلى قدرة النبات على خفض تراكم هذه الأنيونات في الأعضاء النباتية . وتعتمد ميكانيكية تحمل القمح والراي لسمية الألومنيوم على تثبيط تراكم الألومنيوم في الأجزاء المرستيمية للجذور ، كما يحدث أكسدة دائمة لصورة المنجنيز Mn^{2+} في الجذور

إلى الصور Mn^{3+} ، Mn^{4+} غير الميسرة للنبات ، ويكون معدل الأكسدة عالى فى الأصناف المقاومة .

6- خصائص التغذية Nutrition properties

وجد أن المقاومة لسمية الألومنيوم ربما يكون مسئولاً عنها خصائص التغذية ، وهو ما لوحظ فى تحمل أصناف قصب السكر للتركيز العالى من الأمونيوم NH_4^+ فى الأراضى شديدة الحموضة ، وفى قدرة أصناف القمح على استخدام النترات NO_3^- فى وجود تركيز عالى من الأمونيوم وفى مقاومة القمح والذرة الشامية والطماطم لنقص الفوسفور ، تحت ظروف مستوى الفوسفور المنخفض فى التربة .

أسس مقاومة المحاصيل لإجهاد سمية العناصر

Fundamentals of Crop Resistance to Mineral Stress Toxicity

الصفات النباتية والمعايير الانتخابية

Plant Characters and Selection Criteria

يستوقف إستخدام معيار إنتخابى معين فى برنامج التربية على نوع
العنصر ومستوى وجوده وسهولة تقديره . وتتعدد الصفات النباتية المسئولة عن
التحمل و / أو المقاومة ، سواء المورفوفسيولوجية أو الكيموحيوية والتي يمكن
تناولها على النحو التالى :

أولاً : الصفات التركيبية والمورفوفسيولوجية Structural and morpho-physiological characters

1- صفات المجموع الخضرى Shoot system characters

لما كانت سمية العناصر تؤثر على نمو الجذور ، ومن ثم على نمو
المجموع الخضرى ، لذا تعتبر قوة النمو واحدة من الصفات الفسيولوجية الهامة
فى برامج غربلة جيرميلازم المحاصيل لتحمل سمية العناصر وهو ما وجد فى
سلالات الراى المقاومة لسمية الألومنيوم (Hede et al., 2002) .
وتستخدم القبرة غلى إنتاج المادة الجافة مقدراً فى صورة الورر الجاف
للمجموع الخضرى معياراً .

ويمكن إنتخاب السلالات الناتجة من برامج التهجين على أساس نمو المجموع الخضرى تحت ظروف إجهاد سمية العنصر وظروف عدم الإجهاد ، وملاحظة متوسط السلوك والنقص الناتج عن تأثير السمية . وتتباين الأنواع النباتية وأصناف النوع الواحد فى درجة التحمل ، وقد تميزت أصناف القمح المتحملة لإجهاد التلوث بالعناصر بزيادة الوزن الجاف للمجموع الخضرى وزيادة حجم الجذور (Blaha and Petrikova, 1991) كما كان صنف قمح الديورم Balcali أكثر قدرة على تجنب إمتصاص وإعادة إنتقال الكاديوم فى المجموع الجذرى والخضرى مقارنة بصنف قمح الخبز BDME-10 (Cakmak et al., 2000) .

2 - خصائص المجموع الجذرى Root system characters

تعتبر خصائص الجذور متمثلة فى طول ووزن الجذور من الصفات الانتخابية لتحمل إجهاد سمية العناصر . وتتباين الأصناف فى سلوك ومظهر المجموع الجذرى حال تعرضها لسمية العناصر (شكل 3 - 1) . وتعتبر درجة تشوه وتغير لون الجذور مؤشراً إنتخابياً تحت ظروف المزارع الصناعية . وتتخذ صفة عدم قابلية جذور أصناف القمح المقاومة لسمية الألومنيوم للاصطباغ بالهيماتوكسولين كمؤشر إنتخابى هام فى برامج التقييم .



شكل (3 - 1) : مظهر المجموع الجذرى فى أصناف الشعير المتحملة (إلى اليمين) وغير المتحملة (إلى اليسار) لسمية الألومنيوم .

ولقد لاحظ Echart وآخرون (2002) أن القدرة على إستعادة نمو الجذور تبدو هامة في تحمل سمية عديد من العناصر ، وهو ما لوحظ في أصناف وأنسال الشعير المحتملة لزيادة عنصر الألومنيوم .

كما لاحظ YoungYell وآخرون (2000) زيادة نمو وتطور الجذور العرضية وزيادة كتلة الجذور بحوالى 10 أضعاف في أصناف الأرز المحتملة لسمية الرصاص مقارنة بالأصناف الحساسة ، وذلك بعد ستة أيام من النمو في مزارع مائية إحتوت على 20 ميكرومول من الرصاص .

3 - جدار الخلية Cell wall

يعمل جدار الخلية كحاجز للمستويات العالية من العناصر السامة في بيئة الجذور . ويلعب ثبات الغشاء الخلوى دوراً هاماً في تحمل سمية العناصر . ويرجع التباين في درجة تحمل أصناف القمح لزيادة مستويات الألومنيوم إلى الاختلاف في تركيب الغشاء البلازمى الخارجى Plasmalemma لخلايا القمم النامية للجذور والذي يتحكم في دخول الأيونات إلى الجذور . ولقد أشارت نتائج الدراسات أن إنتقال البورون ربما يرتبط بنفاذية غشاء الخلية للعنصر ، وهو ما لوحظ فى صنف القمح Inia 126 الأقل نفاذاً للعنصر والأكثر تحملاً لسمية البورون (Huang and Graham, 1990) .

وقد لعب تركيب ومحتوى الكيوتيكل والجدار الخارجى لخلايا الأبيدرم دوراً محدداً وهاماً في قدرة أصناف القمح على تجنب إجهاد الكاديوم والزنك (Cakmak et al., 2000) .

4 - المقاومة الثغرية Stomata resistance

تلعب الخصائص الفسيولوجية دوراً حيوياً في مقاومة أصناف المحاصيل لسمية العناصر وتمثل المداخلة الثغرية دوراً هاماً في مقاومة نباتات الفاصوليا

أسمية الكاديوم . . حيث لاحظ Posch و آخرون (1989) زيادة المقاومة الشجرية بأوراق نباتات الفاصوليا المعالجة بالكاديوم مقارنة بالكنترول ، وسجلت زيادة معنوية قدرها 400% في محتوى حمض الأبسيسيك وإنخفاض في محتوى الماء النسبي بعد 120 ساعة من التعرض للكاديوم .

ثانياً : الصفات الكيموحيوية Biochemical characters

1- النشاط الإنزيمي Enzyme activity

توجد بعض المركبات النباتية التي تحمي النشاط الإنزيمي والعمليات الحيوية من أضرار سمية العناصر . وقد أشارت الدراسات إلى أن مركب PEP-glycine و Glucose- 6- phosphate يحمي أنزيم PEP-carboxylase المسئول عن تخليق الأحماض الأمينية من ضرر سمية الكاديوم . كما تحمي أيونات كربونات الصوديوم Na_2CO_3 والماغنسيوم Mg^{2+} إنزيم RUBP-carboxylase من التثبيط الراجع لسمية الكاديوم في الشعير والذرة الشامية (Stiborova *et al.*, 1986 and Stiborova , 1988) .

ولقد سجلت علاقات مختلفة بين تحمل سمية المنجنيز والألومنيوم ونشاط عديد من الأنزيمات مثل Peroxidase ، Catalase ، Poly phenol oxidase و Glutathione oxidase, Ascorbic acid oxidase و Cytochrome C oxidase. فتميزت أصناف القمح وسلالات الذرة الشامية المرباه داخلياً المتحملة لسمية الألومنيوم بالنشاط العالي لإنزيم الفوسفاتيز الحامضي Acid phosphatase في الجذور تحت ظروف الرقم الهيدروجيني المنخفض الذي يستحث نشاط الإنزيم بالجذور ، مما يزيد من قدرة النبات على إستخلاص الفوسفور من المصادر العضوية في التربة (عن : Gupta, 1997) .

2- تخليق عديد الببتيد والفيثوشيلاتين Polypeptides and phytochelatins synthesis

لوحظ تباين معنوي في مستوى تخليق عديد الببتيد والبروتينات في أصناف وسلالات القمح المختلفة في تحملها لسمية الألومنيوم . حيث أشار Somers وآخرون (1996) إلى التأثير المستحث لإجهاد الألومنيوم على تخليق عديد الببتيد والبروتين في القمح . كما يستحث إنتاج الفيثوشيلاتين في خلايا الجذور كميكانيسية دفاع ضد إجهاد سمية الكاديوم (Zenk,1997) . حيث يعمل على تخزين الكاديوم في فجوات الجذور ويمنع إنتقاله إلى المجموع الخضرى .

كما تحتوي عصارة اللحاء Phloem sap على عديد من المواد المقيدة لحركة وإنتقال العناصر الصغرى والكاتيونات من المصدر إلى المصب مثل Phytosiderophores والنيكوتين أمين وحمض الستريك (Welch, 1995) .

3- محتوى الاكسالات Oxalate content

وجد أن أصناف الأرز المتحملة لسمية الرصاص ، يزداد بها محتوى الاكسالات ويزداد إفرازها من الجذور . وتعتبر هذه الخاصية عاملاً هاماً في خفض التيسر الحيوى للرصاص في الأصناف المتحملة (Young Yell et al., 2000)

ثالثاً : المحصول Yield

يتم تقدير المحصول تحت الظروف الحقلية من المقاييس السليمة للدلالة على نخل جيرمبلارم المحاصيل لظروف الإجهاد . وللحصول على نتائج دقيقة ، ينبغي تقدير محصول كل تركيب وراثى تحت ظروف من إجهاد

• سمية العنصر وظروف عدم الإجهاد . ويجرى الانتخاب على أساس متوسط الأداء العالي وأقل نقص في المحصول تحت ظروف الإجهاد وذلك على آباء وسلالات ونواتج برامج التربية .

الاختلافات الصنفية ومصادر التحمل لسمية العناصر

**Varietal Differences and Genetic Resources
for Mineral Toxicity Tolerance**

توجد عوامل التحمل و / أو المقاومة لسمية العناصر في الأصناف القديمة المتأقلمة مع ظروف الأراضي ذات المستوى المرتفع من هذه العناصر ، وكذا في الأصناف المنزرعة المرباه في المساحات ذات الأراضي الحامضية . فعلى سبيل المثال ، وجد أن أصناف القمح البرازيلية التي استنبطت تحت ظروف الأراضي الحامضية ، كانت مقاومة لسمية الألومنيوم . وفيما يلي حصر للاختلافات الوراثية ومصادر المقاومة لسمية العناصر في بعض المحاصيل الحقلية .

القمح Wheat

يتحمل صنف القمح البرازيلي Polyssn تركيزات عالية من الألومنيوم ، والذي يعتبر المصدر الرئيسي الذي انتقلت منه عوامل المقاومة إلى جميع الأصناف التي إنتشرت في الزراعة بعد ذلك في ملايين الهكتارات ، دونما الحاجة إلى إضافة الجير لتعديل pH التربة . كما وجد أن صنف قمح الخبز Maringa يعتبر مصدراً وراثياً لتحمل سمية الألومنيوم (Hede et al., 2002). ويتميز الصنف Siete Cerros بتحملة لسمية الحديد ، في حين كان الصنف BH 1146 حساساً للعنصر (Camargo, 1985) .

وتتباين أصناف وسلالات القمح في تحملها لسمية البورون ، وعند تقييم Moody وآخرون (1988) لـ 1576 سلالة من القمح لتحمل البورون

بزراعتها في أمدص تحتوى على 80 مجم بورون / كجم تربة ، وجد أن 12% من السلالات كانت عالية الحساسية ؛ 35% حساسة ، 33% متوسطة الحساسية ، 14% متوسطة التحمل و 6% متحملة (لم تظهر عليها أعراض السمية) . ويعتبر الصنف الاسترالى Halberd والسلالة G 61450 أكثر تحملاً لسمية البورون (Ralph, 1992) .

الشعير Barley

يعتبر صنف الشعير Dayton أكثر تحملاً لسمية الألومنيوم ، فى حين كان الصنفان 16 Shin Ebisu و Harlan أكثر حساسية للعنصر (Minella and Sorrells, 1992 and Tang *et al.*, 2000) . ويتميز صنف الشعير FM 404 بتحملة لسمية الألومنيوم ، بينما أظهر الصنف Harrington درجة عالية من الحساسية للعنصر (Echart *et al.*, 2002) .

الأرز Rice

وجد أن سمية العناصر حسب تأثيرها على نباتات الأرز كانت للكاديوم < الزنك < الرصاص (Muramoto, 1989) . ويعتبر أرز المناطق المرتفعة أكثر حساسية لسمية الحديد من أرز المناطق المنخفضة . وعند غربلة 569 سلالة من الأرز لسمية الحديد كانت 269 سلالة مقاومة و 138 متحملة و 215 سلالة حساسة (Bacha and Ishiy, 1988) .

وتعتبر أصناف الأرز : Pokkali, IR 30 ، IR 2151- 190- 3 ، IR 2153 - 96 - 1 مصادر هامة لتحمل سمية الحديد فى برامج معهد بحوث

الأرز الدولي . وفيما بين أربعة أصناف كان الصنف RCPL 87- 8 أكثر تحملاً لسمية الحديد ، فى حين كان للصنف RCPL 87-5 أكثر حساسية للعنصر (Abraham and Pandey , 1989) .

وتتميز صنف الأرز الهندى Budumoni يليه الصنف Akisali بمتوسط أداء أفضل عند زراعته فى بيئة ذات محتوى عالى من الحديد مقارنة بالتركيب الوراثى CR-683 (Das and Baruah , 2003) .

فول الصويا Soybean

يتميز للصنف Chief بالتحمل للمستويات العالية من أيونات الفوسفات، فى حين كان الصنف Clark أكثر حساسية (Bernard and Howell, 1964). ويعتبر صنف فول الصويا Bragg أكثر حساسية لسمية عنصر الحديد مقارنة بالأصناف Lee ، Forrest ، T 203 (Brown and Jones, 1977)
(a and b) .

السلوك الوراثي لتحمل سمية العناصر

فى المحاصيل الحقلية

Genetic Behaviour of Mineral Toxicity Tolerance in Field Crops

أظهرت الدراسات أن وراثية القدرة على التحمل مقابل الحساسية لسمية العناصر تبدو صفة معقدة . كما أشارت بعض الدراسات الوراثية إلى أن وراثية الأقلية لسمية الأيونات والمعادن الثقيلة تعتمد على واحد أو اثنين من الجينات الرئيسية Major genes ، والتي قد يتحور تأثيرها بجينات أخرى . وفيما يلي السلوك الوراثي لتحمل إجهاد سمية العناصر فى بعض المحاصيل الحقلية .

القمح Wheat

أشارت الدراسات الوراثية أن مقاومة القمح لسمية الألومنيوم يتحكم فيها جينات على الكروموسومات 5A^L, 6A^S, 2D^L, 4D^L, 4B^L, 5D, 7D, (عن : Singh, 2004) . وقد وجد أن تحمل القمح لسمية الألومنيوم يحكمه 3 أزواج من الجينات على الذراع الطويل للكروموسوم 2D فى التركيب الوراثي BH 1146 والذي يتحكم فى ميكانيكية منع مرستيمات قمم الجذور من تراكم كميات زائدة من الألومنيوم تحت ظروف البيئة ذات المستوى المنخفض من الألومنيوم . كما عين Aniol (1995) مواقع وراثية أخرى على نفس الكروموسوم مسؤولة عن هدم سمية الألومنيوم فى قمم الجذور فى السلالات المحتملة ، عند مستويات الألومنيوم العالية فى البيئة .

وقد أمكن تعيين إثنين أو أكثر من الجينات ذات الفعل المضيف تتحكم في تحمل سمية الألومنيوم في قمح الخبز ، وسجل Lagos ومعاونوه (1991) تقديرات منخفضة إلى عالية لمعامل التوريث لتحمل إجهاد سمية الألومنيوم . وتورث صفة تحمل الترتيكال لسمية المنجنيز والألومنيوم تحت ظروف الأراضي الحامضية طبقاً للموديل الوراثي البسيط (Zhang et al., 2002) . وبالتحليل الوراثي لنسل الجيل الثاني للهجين بين صنف القمح المتحمل سمية الحديد Siete Cerros × الصنف الحساس BH 1146، أوضح Camargo (1999) أن تحمل سمية الحديد في الصنف Seite Cerros صفة سائدة جزئياً ذات معامل توريث مربع .

وتعتبر إستجابة القمح للإضافات العالية من البورون واقعة تحت نظام التحكم الوراثي بعدد من الجينات الرئيسية ذات الفعل الجيني المضيف أحدها يقع على الكروموسوم 4A (Paull et al., 1992) .

وقد أمكن تحديد خمسة جينات هي Bo_1 , Bo_2 , ---- Bo_5 تتحكم في تحمل القمح لسمية البورون (Ralph, 1992) .

الشعير Barley

أظهر التحليل الوراثي لتحمل الألومنيوم في عشيرة الجيل الثاني للهجين بين صنف الشعير المتحمل FM 404 والحساس Harrington من خلال صبغي الهيماتوكسلين ، أن نسبة الانعزال في الجيل الثاني كانت 3 متحمل : 1 حساس ، في إشارة إلى أن تحمل الألومنيوم يتحكم في وراثتها جين فردي كامل السيادة . في حين لم تتمش صفة استعادة نمو الجنور مع النسبة 3 : 1 ، في إشارة إلى وجود جينات أخرى تؤثر في القدرة على التحمل (Echart et al., 2002) . وقد أيدت دراسات أخرى وجود جين فردي رمز له بالرمز *Alp* يتحكم في تحمل

سمية الألومنيوم (Minella and Sorrells, 1992 and Singh, 2004)
أو قد يتحكم فيها جينات ذات تأثير صغير Minor gene effect
(Reid, 1971) .

الراى Rye

يعتبر تحمل تراكيب الراى الوراثة لسمية الألومنيوم صفة سائدة
على الحساسية للعنصر (Hede et al., 2002) . ويحكم المقاومة لسمية
الألومنيوم فى الراى جينات واقعة على الكروموسومات 3R, 4R, 6R
(Singh, 2004 : عن) .

الأرز Rice

عند دراسة وراثة تحمل الأرز لسمية الألومنيوم فى دياليل الجيل الأول
بين أصناف أرز المناطق المرتفعة والمنخفضة ، متباينة فى تحملها للعنصر ،
أوضح Khatiwada وآخرون (1996) أن أصناف أرز المناطق المرتفعة ذات
قدرة عامة جيدة على الاثتلاف ، مع وجود تأثيرات للوراثة السيتوبلازمية، وعلى
ذلك يمكن استخدام الآباء المحتملة كأمهات فى البرنامج .
وبتقييم أربعة أصناف متباينة فى تحملها لسمية الحديد مع هجن الجيل
الأول والثانى تحت الظروف الحقلية ، وجد Abifarin (1986) أن الصنفين
Gissi 27 و Suakoko 8 متحملان مثل الجيل الأول وأن صفة التحمل فى
الصنف Gissi 27 يتحكم فيها جين متحى ، وفى الصنف Suakoko 8 جين
فردى سائد .

ولقد وجد Wu ومعاونوه (1997) أن تحمل صنف الأرز Azucena لسمية الحديد يحكمه جينات على الكروموسوم رقم 1 ، إرتبطت مع المسمات الوراثية RG 345 و RG 381 .
بلغ المكافئ الوراثي لتحمل سمية النحاس 36% في أنسال الجيل الرابع للهجين بين الصنف الحساس " 108 " التابع لـ *Oryza sativa* والصنف السحمل W 106 التابع لـ *O. perennis* (Morishima, 1978) .

الذرة الشامية Maize

كانت تأثيرات الفعل الجيني السيادي أكثر أهمية في وراثية كفاءة إستخدام الأزوت وغلة الحبوب تحت مستوى 120 كجم نيتروجين للفدان (EL-Kalla (et al., 2001) . وعند نفس المعدل تراوحت تقديرات معامل التوريث في المعنى العام من متوسطة إلى عالية نسبياً لصفات التبرير ، مساحة ورقة الكوز ، البقاء أخضر ، محتوى كلوروفيل الورقة ، كفاءة إستخدام النيتروجين وغلة الحبوب (Radwan et al., 2001) .

وبلغت تقديرات معامل التوريث في المعنى العام (82%) لمحتوى الفوسفور الزائد في حبوب عائلات الجيل الذاتي الأول S₁ لعشيرة الذرة الشامية IHP × ILP ، في إشارة إلى جدوى الانتخاب لإنتاج تراكيب وراثية ذات محتوى مناسب من العنصر دون ضرر للحيوان أو الإنسان (Wardyn and Russell, 2004) .

وأظهرت نتائج التحليل الوراثي أن مقاومة سلالات الذرة الشامية لسمية الألومنيوم يتحكم فيها جين فردي متعدد الأليلات وأنه ذو أثر متعدد لتحمل الإجهاد الحراري أيضاً (Rhue and Grogan, 1977) .

ولقد لعب الفعل الجيني المضيف والسيادي دوراً هاماً في التحكم الوراثي لتحمل سمية الألومنيوم في الذرة الشامية (Ninamango – Cardenas et al., 2003).

الذرة الرفيعة Sorghum

تلعب السيادة دوراً رئيسياً في وراثته التحمل لسمية الألومنيوم في الذرة الرفيعة (Boye – Goni and Marcarian, 1985).

وقد وجد أن مقاومة صنف الذرة الرفيعة Jowar لسمية عنصر الألومنيوم يتحكم فيها عدد من الجينات Polygenes . وكانت تقديرات القدرة العامة على الائتلاف أكثر أهمية من القدرة الخاصة على الائتلاف . ويشير ذلك إلى سيادة الفعل الجيني المضيف مع تقديرات عالية لمعامل التوريث لتحمل سمية الألومنيوم .

وجد أن مقاومة الذرة الرفيعة لسمية عنصر المنجنيز تسلك سلوك الصفات المعقدة (Borgonovi et al., 1985 and Singh, 2004).

فول الصويا Soybean

أشارت نتائج التحليل الوراثي لدياليل فول الصويا (9×9) بين أصناف متأقلمة زرعت في مساحات عالية وأخرى منخفضة في عنصر الألومنيوم ، أن الموديل الوراثي البسيط (المضيف – السيادي) كان مناسباً لتفسير الاختلافات الوراثية بين جيرمبلازم فول الصويا في تراكم الكالسيوم والماغنسيوم والألومنيوم والمنجنيز . في حين كانت التأثيرات الوراثية أكثر تعقيداً لعناصر الفوسفور والبوتاسيوم والحديد والزنك والنحاس والموليبدنم والصوديوم (Spehar, 1995)

ولفهم الأساس الوراثي لتحمل أيونات الفوسفات ، قام **Bernard and** (1964) **Howell** بتهجين الصنف المتحمل **Chief** مع الصنف الحساس **Clark** ، وتقييم الأجيال الرجعية والجيل الثاني والثالث في محلول مغذى ذو محتوى عالى من الفوسفور . وقد أمكن تقسيم النباتات الفردية على أساس التمايز فى وجود زوج الجينات الرئيسى $Np\ np$ المسئول عن تباين التراكيب الوراثية فى تحمل المستوى العالى من الفوسفور على النحو التالى :

$NpNp$: عدم ظهور أى أعراض ، أو ظهور بقع بنية خفيفة على النموات الخضرية .

$Np\ np$: ظهور بقع بنية خفيفة إلى متوسطة .

$np\ np$: ظهور بقع بنية شديدة مع تقزم النباتات .

البرسيم الحجازى **Alfalfa**

يتحكم فى مقاومة البرسيم الحجازى لسمية الألومنيوم والمنجنيز عديد من الجينات ، ولم يكن للوراثة الأمية دور فى المقاومة (عن : **Singh, 2004**) .

الباب السادس

جهود التربية Breeding Efforts

الانتخاب Selection

لقد شوهدت درجات من التحمل الجزئي لسمية العناصر في عشائر نباتات المحاصيل النامية تحت الظروف الطبيعية ، تمثل مكون طبيعي في المستودع الجيني لعديد من الأنواع ومن ثم إمكانية الانتخاب الطبيعي أو الصناعي لتراكيب وراثية متحملة من هذه العشائر .

ولقد بدأت برامج غربلة أصناف القمح في البرازيل لتحمل سمية عنصر الألومنيوم عام 1919 في أراضي شديدة الحموضة . حيث اكتشفت صفة التحمل للتركيزات العالية من الألومنيوم في المصدر الوراثي Polyssu ، وبعد ذلك إنتقلت منه إلى جميع الأصناف التي انتشرت في الزراعة في البرازيل مثل Fronteira , Horto, BH 1146, IAC 5-Maringa, IAS 55 , IAS 54, Trintani , Bage, Rio Nigro, Londrina ، تعطى محصول من 4 - 5 طن قمح / هكتار في الأراضي عالية الحموضة (عن: Baier et al., 1995) . وفي استراليا ، ساهم الانتخاب الفردي في إنتاج عديد من سلالات الكانولا المقاومة لسمية عنصر المنجنيز (Moroni et al., 2002a) ، وعزل سلالات من الشعير أكثر مقاومة لسمية الألومنيوم من صنف المقارنة الاسترالي Dayton (Moroni et al., 2002b) .

التهجين Hybridization

يعتبر التهجين من الطرق الفعالة في نقل عوامل التحمل لسمية العناصر من المصادر الوراثية المقاومة إلى التراكيب الوراثية المستتبهة . وتفيد بنوك الجينات والمصادر الأجنبية المقاومة في برامج التربية بالتهجين . وقد أمكن نقل المورثات المسؤولة عن التحمل لسمية الألومنيوم من كروموسومات الراى 3R, 6R, 4R إلى كروموسومات القمح ، وأدت إلى تحسين مستويات المقاومة في القمح (عن Singh, 2004) .

وقد ساهمت برامج التهجين في نقل ثلاث من خمس جينات رمز لها بالرموز Bo_1 , Bo_2 , Bo_3 إلى سلالات التربية في القمح ، مسؤولة عن زيادة التحمل لسمية عنصر البورون (Ralph, 1992) .

ويعتبر التهجين الرجعى وسيلة فعالة في نقل جينات المقاومة السائدة لسمية العناصر إلى التراكيب الوراثية الحساسة . فقد أشار Moroni وآخرون (2002a) إلى إمكانية نقل عوامل المقاومة لسمية المنجنيز إلى أصناف الكانولا الحساسة عن طريق التهجين الرجعى .

وحصل Wan وآخرون (2003) على 96 سلالة في الجيل الرجعى التاسع بطريقة نسب البذرة الفردية من الهجين بين صنف الأرز اليابانى Nipponbare والهندي Kasalath ، وعزل سلالات أكثر تحملاً لسمية عنصر الحديد .

الاتجاهات الحديثة في التربية لتحمل سمية العناصر
Recent approaches in breeding for mineral
toxicity tolerance

دور معلمات دنا DNA-markers

لقد ساعدت تقنية معلمات الصفة الكمية QTL مع معلمات الـ AFLP والـ RFLP في تعيين إثنين من المواقع الوراثية على الكروموسومات 1 و 12 لصنف الأرز Azucena المتحمل لسمية الألومنيوم ، عند عمر 2 و 4 أسابيع . ووضح أن تحمل البادرات الصغيرة محكوم أساساً بتأثيرات الفعل الجيني المضيف ، بينما كان التفوق هو الأكثر أهمية في تحمل البادرات في العمر المتأخر . وقد أشارت معلمات الصفة الكمية إلى وجود مواقع متعددة الأليلات مسئولة عن تحمل الألومنيوم والحديد (Wu *et al.*, 2000) . كما أفادت معلمات الصفة الكمية في تعيين أربعة مواقع على الكروموسومات 1 و 3 في سلالات الجيل الرجعي التاسع في الأرز ، أحد هذه المعلمات على الكروموسوم رقم 1 يتحكم في دليل الأوراق البرونزي والوزن الجاف للسيقان وعدد الأشطاء والوزن الجاف للجذور ، أسهم بحوالي 20.5 ، 36.9 ، 43.9 ، 38.8% من التباين الكلي للصفات ، على التوالي . وأمكن تعيين موقع آخر على الكروموسوم رقم 3 يتحكم في الوزن الجاف للسيقان والوزن الجاف للجذور أسهم بحوالي 37.9% و 35% من التباين الكلي للصفتين ، على الترتيب (Wan *et al.*, 2003) .

وفي القمح ، أفادت تقنية الـ RFLP في تحديد حزم الجين المتحكم في تحمل الألومنيوم في الصنف Maringa ، وتمكن Somers وآخرون (1996) من نقله إلى الصنف الحساس Katepiwa . كما أمكن توظيف تقنية

الـ RFLP فى تعيين الجين *Alp* المسئول عن تحمل الشعير لسمية الألومنيوم (Tang et al., 2000) .

كما أفادت تقنيات الـ QTL ، RFLP ، SSR فى تعيين خمسة مواقع للصفة الكمية على الكروموسومات 2 ، 6 ، 8 فسرت 60 % من التباين المظهرى لتحمل سمية الألومنيوم وذلك فى 168 عائلة لعشيرة 4 : F3 لهجين الدرة الشامية بيس سلالات متباينة فى تحمل سمية الألومنيوم . ووقع المعلم QTL_4 و Umc O43 على الكروموسومات رقمى 8 ، 5 وإرتبطا بالجينات المشفرة للأنزيمات المسؤولة عن تخليق الأحماض العضوية كانت ذات أهمية فى تحمل سمية الألومنيوم . كما إرتبط المعلم QTL_2 مع تحمل سمية الألومنيوم فى الدرة الشامية (Ninamango – Cardenas et al., 2003) .

زراعة الأنسجة Tissue culture

لقد أفادت تقنية زراعة الأنسجة فى إنتاج سلالات من بعض المحاصيل الحقلية تناسب ظروف الإجهاد ، الراجع إلى سمية العناصر . فقد أمكن بتكنيك زراعة الأجنة غير الناضجة على بيئة MS مضافاً إليها منظمات نمو وعنصر الألومنيوم ، عزل سلالات من الشعير كانت أقدر على تحمل سمية عنصر الألومنيوم عند زراعتها تحت ظروف الأراضى الحامضية (Vnuckhova and Khirtov, 1990) .

كما أمكن إنتاج سلالة الذرة الرفيعة GAC 102 المتحملة لسمية الألومنيوم من زراعة الأنسجة للصنف Hegari ، تفوقت فى مستوى التحمل على الصنف الأصلى وكانت مشابهة للصنف القياسى المنزرع SC 283 تحت الظروف الحقلية (Duncan et al., 1991) .

مشاكل التربية لتحمل إجهاد العناصر

Problems in breeding for mineral stress tolerance

- يواجه مربى النبات مجموعة من المشاكل عند التربية لمقاومة نقص / أو سمية العناصر ، يمكن سردها على النحو التالي :
- 1- أن نقص أو سمية العنصر تتباين في قطاع التربة ، ومن ثم فإن الأصناف المحسنة تحت ظروف موقع معين قد لا تناسب ظروف مواقع أخرى .
 - 2- تحدث سمية الألومنيوم والمنجنيز معاً في معظم الأراضي الحامضية، ومن ثم فإن التربية للمقاومة المتخصصة للألومنيوم على حده ، والمنجنيز على الجانب الآخر ، ربما لا تخدم الهدف المطلوب .
 - 3- تحدث تفاعلات بين العناصر وبعضها ، مثل ما لوحظ من تفاعل الألومنيوم والمنجنيز مع عناصر أخرى في البيئة مثل الكالسيوم والفوسفور والماغنسيوم ، ومن ثم ينبغي توخي الحذر وأخذ ذلك في الاعتبار خلال مراحل الانتخاب .
 - 4- أن عملية التقييم من خلال أنظمة المزارع المائية وملاحظة نمو الجذور تعتبر مكلفة وتتطلب خبرة كبيرة .
 - 5- أن عملية التقييم النهائي يجب أن تتم تحت ظروف من إجهاد نقص / أو سمية العنصر وكذا ظروف عدم الإجهاد ، وكلاهما يتطلب جهد وتكلفة كبيرة .

الباب السابع

العلاقة بين زيادة العناصر الغذائية

ونمو وإنتاجية المحاصيل

Relation between Nutrient Elements Increase with Growth and Crop Production

لا شك أن النبات في حاجة إلى العناصر المعدنية لمواجهة متطلبات النمو، غير أن التركيزات العالية من هذه العناصر ربما تضر بالنبات وتؤدي إلى التأثير على العمليات الكيموحيوية والفسولوجية التي تدور في فلك النبات، ومن ثم انخفاض معدلات النمو والمحصول. وتؤدي التركيزات العالية نسبياً من العناصر المغذية الكبرى والمستويات المرتفعة من العناصر الصغرى والعناصر غير الضرورية إلى إعاقة نمو النبات. ويتوقف المستوى المؤدى إلى نقص نمو النبات على العنصر والنوع النباتي. فتستطيع بعض نباتات المحاصيل أن تتحمل مستويات عالية جداً من العناصر الثقيلة عن الأنواع الأخرى، ولوحظ تأثير منظم Buffering effect للكالسيوم والمواد المخلبة على سمية العناصر. كما تؤثر الصورة التي يضاف عليها العنصر على حالة النمو وإنتاجية النبات.

الدراسات التجريبية المتعلقة بكفاءة أصناف المحاصيل

في تحمل إجهاد سمية العناصر
Experimental studies related to
efficiency of crop cultivars in mineral toxicity tolerance

أجريت عديد من الأبحاث التجريبية على أصناف المحاصيل المختلفة تحت مستويات متباينة من العناصر الكبرى والصغرى لكشف قدرة الأصناف على تحمل المستويات العالية من العناصر وعلاقة ذلك بمعدل تراكم المادة

الجافة والناجح المحصولى . فقد لاحظ عيسى وبرهامى (2006) تناقص محصول حبوب الذرة الشامية مع إضافة عناصر الحديد والمنجنيز والزنك فى الصورة المعدنية عن إضافتها فى الصورة المخلبية ، حيث حققت الأخيرة تحسناً واضحاً فى مستويات محصول الحبوب .

وتختلف أنواع المحاصيل فى الطريقة التى تؤثر بها العناصر الثقيلة على النمو فيقل حجم المجموع الخضرى أحيانا بدرجة أكبر من المجموع الجذرى فى القطس عند المستويات المنخفضة من العناصر الثقيلة (جدول 3 - 1) ، ومن ثم تنخفض نسبة وزن المجموع الخضرى : الجذرى . ولكن عند المستويات الأعلى من العناصر الثقيلة رادت نسبة وزن المجموع الخضرى : الجذرى فى عديد من الحالات (عن : Clark, 1982b) .

جدول (3 - 1) : نسبة المجموع الخضرى / الجذرى فى القطن تحت مستويات مختلفة من العناصر الثقيلة فى المحاليل المغذية

التركيز (M)	Cu	Zn	Co	Mn	Cr	Li	Ni	Cd
المقارنة	4.6	4.6	4.6	4.6	5.6	5.5	6.2	6.2
10^{-6}	4.4		4.8		3.8	5.0	5.3	5.4
5×10^{-6}		4.3						
10^{-5}	3.8		3.8	5.0	4.5	4.5	4.5	3.8
5×10^{-5}		3.2						
10^{-4}	5.5		3.8	4.6	4.3	5.0	5.8	7.6
5×10^{-4}		4.6						
()				4.2				

(عن : Clark, 1982b) .

وتشير الإحصاءات إلى أن 60 % من الأراضي الصالحة لزراعة البقوليات فى العالم تعاني من سمية أو نقص العناصر . فتتميز الأراضي الجيرية فى شمال غرب أمريكا بارتفاع مستوى الأملاح الذاتية مثل الكالسيوم والبوتاسيوم الماغنسيوم والصوديوم ، الأمر الذى يوصى إلى زيادة ذرجه حموضة التربة

وظهور أعراض نقص عناصر الزنك والفوسفور والحديد و / أو المنجنيز
(عن : Singh and Westermann, 2002) .

وتحت ظروف الأراضي الحامضية ، يعتبر مستوى الألومنيوم وغشاء
البروتون عند سطح الجذور من المحددات الكبرى لنمو الجذور الأولية في
البرسيم الأبيض وفشل تكوين العقد الجذرية ، ومن ثم نقص المحصول
(Voigt and Staley, 2004) .

وتؤدي سمية الألومنيوم إلى نقص حجم المجموع الجذري ومن ثم زيادة
حساسية النبات للجفاف ونقص العناصر الغذائية ومن ثم نقص إنتاجية النبات
(Ninamango – Cardenas et al., 2003) .

وقد صاحب التركيزات العالية من الزنك والمنجنيز (0.4 و / أو 0.6
جم / لتر) حدوث تأثير سلبي على الصفات الفسيولوجية لصنفى قمح الخبز
سحا 69 وسحا 93 . حيث إنخفض معنوياً محتوى الأوراق من الكلوروفيل
والكاروتينات ، كما نقص محصول الحبوب ومعظم مكوناته في الصنفين .
وصاحب زيادة معدل الزنك (من صفر إلى 0.6 جم / لتر) ، زيادة تركيز
الزنك ، بينما نقص تركيز المنجنيز في المجموع الخضرى والحبوب . وأدى
رش المنجنيز بنفس المعدل إلى زيادة تركيز المنجنيز ونقص تركيز الزنك في
المجموع الخضرى والحبوب في صنفى القمح (Sadek, 2006) .

كما وجد أن 43 % من الكاديوم الواصل إلى الإنسان ، يأتي من
إستهلاك دقيق القمح ، ومن ثم يصبح من الأهمية خفض مستويات الكاديوم
بالحبوب عن طريق إستنباط أصناف أقدر على إعادة توزيع الكاديوم بين أجزاء
النبات المختلفة ، ومن ثم تجنب مخاطر العنصر على صحة الإنسان (Greger
and Lofstedt, 2004) .

وفى الأراضى الصينية ، تؤدي شمية الحديد إلى خفض محصول الأرز بحوالى 10-20 % متوقفاً ذلك على مستوى العنصر ودرجة تحمل الأصناف (Wan et al., 2003) . كما لوحظت تأثيرات عكسية للخصائص على محصول الأرز مؤدياً إلى تثبيط النمو وخفض الوزن الجاف للجذور فى الأصناف الحساسة لسمية العنصر (Young Yell et al., 2000) . وفى الأرز أيضاً ، وعند تخريب مستوى 30 و 60 كجم ن / فدان لاحظ عبد الجليل وآخرون (2005) حدوث زيادة معنوية فى محصول الحبوب والقش ومن ثم المحصول الكلى بفضل زيادة عدد الداليات / الجورة عند إضافة الوحدة الأولى من النيتروجين (30 كجم ن / فدان) مقارنة بعدم الإضافة . ولم يكن للوحدة الثانية أى تأثير معنوى على محصول الأرز . بل وعلى العكس فقد وجد القاضى وعبد الوهاب (1999) أن الإضافات الأعلى من 40 كجم ن / فدان قد صاحبها نقص معنوى فى نسبة حبوب الأرز السليمة ونسبة الأميلوز ونسبة النيتروجين المستفاد .

وتدل هذه النتائج على محاصيل الحبوب إلى ضرورة الاستخدام المقنن للأسمدة وتجنب التسميد النيتروجينى الغزير وعمل تحليلات لمحتوى التربة من العنصر لتحديد الاحتياجات الفعلية للنبات ومن ثم تجنب التأثيرات الضارة للنترات والبيوريت السام على الصحة العامة للإنسان .

وعلى الجانب الآخر ، وفى المحاصيل السكرية مثل بنجر السكر ، لاحظ الشافعى والطنطاوى (2006) توقف إستجابة النبات للنيتروجين حتى 80 كجم للفدان . غير أنه مع زيادة مستوى التسميد إلى 100 كجم ن / فدان انخفض محصول السكر للفدان من 2.469 إلى 2.193 ، كما إنخفضت معنوياً النسبة المئوية للسكر والسكر القابل للاستخلاص ومعامل الجودة . ويشير ذلك إلى

التأثيرات العكسية لزيادة التسميد النيتروجيني على كيموحيوى وفسىولوجى وجودة محصول بنجر السكر .

وتؤدى المستويات العالية من الفوسفور إلى نقص أوزان الجذور بشدة فى بعض البقوليات مثل الفاصوليا ، ولوحظ ذلك مع زيادة تركيز الفوسفور فى بيئة النمو من 10^{-4} إلى 10^{-2} M ، فى حين بقى وزن المجموع الخضرى كما هو أو زاد قليلاً (عن : Clark, 1982b) . كما لم يتأثر معنوياً عدد العقد الجذرية فى صنف الفول البلدى سخا 1 أو وزن العقد الجذرية فى الصنف جيزة بلانكا بزيادة مستوى التسميد الفوسفاتى من صفر ، 15.5 إلى 31 كجم فو₂ أ 5 / فدان (Abdul Galil et al., 2003) .

هذا وقد لوحظ أن زيادة محتوى الفوسفور فى حبوب الذرة الشامية عن الحدود المسموح بها أدت إلى مشاكل التلوث بالفوسفور عند الحيوانات (Wardyn and Russell, 2004) .

وعموماً يعتبر تربية أصناف من الحبوب والبقول تتحمل سمية العناصر من أكثر الوسائل فاعلية فى الإنتاج الاقتصادى للمحاصيل الزراعية . وهنا تلعب مجهودات التربية والتقنية الحيوية دوراً هاماً فى فهم الأساس الوراثى لميكانيكية التحمل وإستنباط أصناف أقدر على الأقامة وظروف البيئة القاسية .

تقييم التراكيب الوراثية لتحمل سمية العناصر
**Evaluation of Genotypes to Mineral
Toxicity Tolerance**

يمكن تقييم جيرمبلازم المحاصيل لتحمل سمية العناصر باستخدام المزارع الصناعية أو مزارع المحاليل المغذية ومزارع الأنسجة والأصص تحت ظروف البيوت المحمية . كما يمكن إجراء الانتخاب لسمية العناصر تحت الظروف الحقلية .

1- التقييم باستخدام المزارع الصناعية (المحاليل المغذية)

Evaluation by using hydroponic cultures

يمكن اختبار تحمل جيرمبلازم المحاصيل في طور البادرة تحت ظروف البيوت المحمية بتمية النباتات في محاليل مغذية مجهزة مضاف إليها تركيزات معلومة من العنصر . وتعتبر مزارع المحاليل المغذية من الأنظمة البسيطة والسريعة التي تسمح بعمل دراسات على الانتخاب للمقاومة لنقص أو سمية عناصر معينة . ويتطلب استخدام مزارع المحاليل المغذية توفر تهوية مناسبة وخبرة بالوسائل المعينة على الدراسة .

وقد أفادت هذه المزارع المائية في تقييم جيرمبلازم القمح لتحمل سمية النيكل (*Seti et al., 1988*) والألومنيوم (*Baier et al., 1995*) وفي تقييم تحمل سلالات الأرز لسمية الحديد (*Wan et al., 2003*) وتقييم جيرمبلازم الذرة الشامية لتحمل سمية الألومنيوم (*Ninamango – Cardenas et al., 2003*) وفي تحمل الكانولا لسمية المنجنيز (*Moroni et al., 2002a*) .

2- التقييم باستخدام الأصص Evaluation by using pots

يفيد استخدام الأصص في تقييم تحمل التراكيب الوراثية لسمية العناصر. وتوضع عادة الأصص تحت ظروف البيوت المحمية . ويسمح استخدام الأصص بالتحكم في بيئة التربة ، إلا أنه يعاب عليها الحد من نمو وتطور الجذور ، ولذا تبدو غير مناسبة لعمليات الغربلة على المستوى الواسع .

ولاستخدام الأصص في عملية التقييم ، تملأ بتربة معلوم مسبقاً تركيز العنصر السام بها . أو تروى بمحلول مغذى يحتوى على تركيزات معلومة من العنصر تحت الدراسة. ولقد استخدم **Hofer and Schutz (1980)** تجارب الأصص في دراسة تأثير مستويى 240 و 960 جزء فى المليون من الزنك على القمح ، حيث لوحظ إنخفاض شديد فى محصول الحبوب والقش بحوالى 30% و 38% ، على الترتيب .

كما استخدمت تجارب الأصص فى تقييم تحمل جيرمبلازم الشعير لسمية الألومنيوم ، حيث قام **Echart وآخرون (2002)** بتطهير بذور الآباء والأنسال فى محلول 1% هيبوكلوريت الصوديوم ثم تنمية البذور فى أطباق بترى . وعند وصول طول جذور البادرات اسم ، تم نقلها إلى أصص طبقاً للبروتوكول المقترح بواسطة **(Dornelles et al., 1996)** وتجريب مستويات 15 ، 30 ، 45 و 75 ميكرومول من كلوريد الألومنيوم ($AlCl_3$) على الأصناف . فى حين عرضت أنسال الجيل الثانى لتركيز 30 ميكرومول من كلوريد الألومنيوم . وتم تقدير تحمل بادرات التراكيب الوراثية لسمية الألومنيوم من خلال قياس صفات نمو الجذور ودليل التحمل والنسبة المئوية للتحمل .

3- التقييم باستخدام مزارع الأنسجة Evaluation by using tissue cultures

تفيد مزارع الأنسجة في المقارنة بين السلالات المتحملة والحساسة لسمية العناصر على المستوى الخلوي . حيث لوحظ أن المنفصلات النباتية من جذور أصناف القمح المقاومة لسمية البورون ، تستطيع إنتاج كالوس بمعدل أكبر من الأصناف الحساسة أو متوسطة الحساسية للعنصر . وقد فسر Huang and Graham (1990) ذلك على أساس التباين في درجة نفاذية الغشاء الخلوي للبورون والقدرة على التكشف Cell differentiation حيث كان أفضل الأصناف تحملاً الصنف Inia 126 .

4 - التقييم تحت الظروف الحقلية Evaluation under field conditions

يمكن ممارسة عملية الانتخاب تحت الظروف الحقلية والمناطق التي تتميز طبيعياً بمستوى عالي من العنصر تحت الدراسة بناء على تحليلات سابقة للتربة . وتسمح هذه الطريقة بتقييم العشائر كبيرة الحجم بتكلفة أقل نسبياً . كما تسمح بتقدير المحصول تحت ظروف من طبيعة البيئة التي سوف يزرع فيها الأصناف المقاومة مستقبلاً .

على أنه يجب الأخذ في الاعتبار ، أن معظم الأراضي التي تتميز بسمية أحد العناصر مثل الألومنيوم والمنجنيز ، يحدث فيها تفاعل للعنصرين مع عديد من العناصر الأخرى مثل الكالسيوم والفوسفور والماغنسيوم إلى جانب احتمال تباين قطاعات التربة في سمية أو نقص العناصر . وعلى ذلك فإن الأصناف الناتجة من الانتخاب في الحقل تبدو إستجابة لموقع أو بيئة معينة . Site – specific response

لذلك يجب أن يجرى الانتخاب في الحقل بعناية على أساس خصائص التربة في المساحة التي سوف يستتبط ويزرع فيها الصنف . وعموماً ، تعتبر الاختلافات المكانية فيما بين أو في داخل الحقل لسمية العناصر ، أقل كثيراً من تلك الراجعة إلى إجهاد العناصر الأخرى . غير أنه من المرغوب فيه إجراء دراسة تجانسية Homogeneity study للحقل المستخدم في الانتخاب . كما يمكن إتباع بعض الإجراءات والوسائل المناسبة لتحويل وتعديل خصائص أرض الحقل إلى حد ما مثل الرش بحمض الكبريتيك المخفف أو استعمال الجير لخفض pH التربة .

ولقد أمكن في ولاية أوهايو الأمريكية اختبار 43 صنف وسلالة من القمح في أرض ينخفض فيها الرقم الهيدروجيني إلى 4.3 ، ويرتفع فيها كثيراً تركيز الألومنيوم الذائب ، ووجد أن الصنفين Fulton و Thorne كانا الأكثر تحملاً ، حيث أنتجا من 60 - 80% من محصولهما عند هذا المستوى المنخفض من pH التربة مقارنة بما أنتجاه عندما أضيف 2.2 طن من الجير / هكتار لتعديل رقم الحموضة ليصبح 5.2 . بينما لم تنتج الأصناف الأخرى سوى 20-30 % من محصولها تحت ظروف انخفاض الرقم الهيدروجيني (عن : حسن 1995) .

مقاييس تحمل المحاصيل لسمية العناصر

1- تعتبر مؤشرات النمو والقدرة على التفريع في محاصيل الحبوب من الصفات الرئيسية التي يعتمد عليها في نظم التقييم .

2- يمكن تقييم تحمل سلالات المحاصيل لسمية العناصر على أساس قياس صفات نمو الجذور الآتية :

أ- نمو الجذور Root growth

ب- دليل تحمل الجذور Root tolerance index

متوسط طول الجذور في وجود الألومنيوم (مثلاً)

$$100 \times \frac{\text{متوسط طول الجذور في المحلول الخالي من الألومنيوم}}{\text{عدد البادرات المتحملة}} =$$

متوسط طول الجذور في المحلول الخالي من الألومنيوم

عدد البادرات المتحملة

$$\text{ج- النسبة المئوية للبادرات المتحملة} = 100 \times \frac{\text{عدد البادرات الكلية}}{\text{عدد البادرات المتحملة}}$$

عدد البادرات الكلية

3- التقييم السريع للبادرات بمجرد النظر Visual على أساس قدرة الجذور على إستعادة النمو ، وذلك على مقياس من 1-3 حيث :

1- متحمل Tolerant

2- متوسط التحمل Medium tolerant

3- حساس Susceptible

(عن : Riede and Anderson, 1996)

4 - طور معهد بحوث الأرز الدولي IRRI (1996) نظام للتقييم القياسي

لغربة جيرمبلازم الأرز لضرر سمية الحديد على مقياس من 1-9 حيث :

1 : يكون عالي التحمل

9 : يكون عالي الحساسية

القسم الرابع

وراثة وتربية المحاصيل لتحمل

مبيدات الحشائش

*Genetics and Breeding Crops for
Herbicide Tolerance*

القسم الرابع

وراثة وتربية المحاصيل لتحمل

مبيدات الحشائش

Genetics and Breeding Crops for Herbicide Tolerance

مقدمة

يُعتبر تحسين المحصول وزيادة درجة ثباته في مواجهة التأثيرات المعاكسة لاجهادات البيئة الحيوية وغير الحيوية ، الشغل الشاغل للمهتمين في مجال الإنتاج الزراعي .

ويعتبر إستنباط أصناف من المحاصيل الحقلية مقاومة لمبيدات الحشائش، عند إستخدام أساليب مكافحة الكيمائية أداة جديدة في التعامل مع الحشائش، وتوجهاً جديداً لمربي النبات في برامج التربية .

وتعتبر الحشائش من أكثر الآفات ضرراً بالمحاصيل الزراعية إذا أهمل التعامل معها ومكافحتها بالأساليب السليمة . وترجع الأضرار التي تسببها الحشائش إلى المنافسة الشديدة مع نباتات المحصول على رطوبة التربة والعناصر الغذائية والضوء وثاني أكسيد الكربون ، وتزداد الأضرار مع حساسية بعض أنواع المحاصيل وضعف منافستها للحشائش ، ومن ثم عدم القدرة على تكملة دورة حياتها ، حيث قدر نسبة الفاقد في المحصول نتيجة إنتشار الحشائش بحوالى 42 % .

ويعتبر إستخدام مبيدات الحشائش من أكثر الوسائل المستخدمة فى أنظمة مكافحة الحشائش لاسيما فى الدول النامية والتي تمثل 50 % من الاستهلاك العالمى لمبيدات الآفات . حيث تعامل المحاصيل المنزرعة بمبيد معين للقضاء على نوع معين من الحشائش أو بتوليفة من مبيدات الحشائش لتتلافى ضرر الأنواع المختلفة من الحشائش .

ولقد أسهمت برامج تطوير أصناف المحاصيل لمقاومة مبيدات الحشائش، فى زيادة الإنتاجية ، وكان ذلك سبباً رئيسياً وراء نجاح زراعة عديد من المحاصيل فى عديد من الأقطار مثل الولايات المتحدة الأمريكية وكندا والأرجنتين وهولندا ورومانيا ومصر وغيرها .

ولعل التقدم الحالى الذى يشهده العالم فى مجال تربية النبات وإستخدام أساليب الهندسة الوراثية فى إنتاج أصناف من المحاصيل المعدلة وراثياً تتحمل مبيدات الحشائش ، يمثل أهمية فى برامج التعامل مع الحشائش . حيث يعتبر إضفاء صفة المقاومة لمبيدات الحشائش على أصناف المحاصيل الحساسة للمبيدات بهدف إنتاج أصناف مقاومة ، مساحة بحثية هامة فى مجال التقنية الحيوية . فتشير التقارير إلى أنه من مساحة 52.6 مليون هكتار منزرعة بمحاصيل معدلة وراثياً ، تمثل المحاصيل المقاومة لمبيدات الحشائش 77% من تلك المساحة ، تغطى أصناف فول الصويا المقاومة لمبيدات الحشائش وحدها أكثر من 60% من المساحة المنزرعة بتلك المحاصيل . وقد أمكن تحقيق إنجازات هامة فى مجال إنتاج سلالات معدلة وراثياً من المحاصيل الحقلية المختلفة مقاومة لمبيدات glufosinate ، glyphosate ، imidazolinones ، bromoxynil وغيرها .

وقد صاحب زراعة أصناف المحاصيل المقاومة للمبيدات توفير 1.2 بليون دولار ، هى تكلفة شراء وإستخدام وإضافة مبيدات الحشائش وعمليات

الخدمة والحرق والعزيق البدوي في أمريكا . كما أسهم إنتاج أصناف من بنجر السكر مقاومة لمبيد الجلوفوسات في توفير قيمة إضافية للمزارعين قدرها 93 مليون دولار أمريكي . وساعد زراعة أصناف المحاصيل المقاومة للمبيدات على الساحة الزراعية في أمريكا في خفض استخدام المبيدات بحوالي 37.5 مليون رطل . وتعد المؤشرات على أن زراعة أصناف بنجر السكر المقاومة لمبيد الجلوفوسات سوف تؤدي كما ذكر Gianessi عام 2005 إلى تضاؤل هذا النقص بحوالي 1 مليون رطل .

ويساعد إتباع أنظمة الزراعة التي يستخدم فيها أصناف المحاصيل المقاومة لمبيدات الحشائش في تشجيع نظم مكافحة متكاملة مقارنة بالأنظمة التي تخلص من أصناف المحاصيل المقاومة لمبيدات الحشائش .

الأضرار التي تسببها الحشائش

تتمو نباتات الحشائش طبيعياً عند توافر الظروف البيئية المناسبة للنمو، وتتكاثر وتنتشر مسببة أضراراً إقتصادية بالمنتج المحصولي وتعتبر الحشائش أحد العوامل التي تضر بالإنتاج الزراعي ، ويرجع ذلك إلى التباين الكبير في طبيعة نموها وقدرتها على تحمل بيئات متباينة . فتستطيع بعض أنواع الحشائش مواصلة حياتها في الأراضي الجافة أو الصحراوية أو شبه الرطبة أو البيئة المائية .

وتعطي دراسة الأضرار التي تسببها الحشائش أهمية خاصة لتكثيف العناية بعمليات مكافحة وتثويتها . ويمكن سرد الأضرار التي تسببها الحشائش فيما يلي :

1- خفض كمية المحصول نتيجة المنافسة على الماء والعناصر الغذائية والضوء وتقليل كفاءة استخدام الأرض وخفض قيمتها الزراعية .

- 2- إنخفاض جودة المحاصيل بسبب إحتواء بعض أنواع الحشائش على مواد سامة ، مما يؤدي إلى خفض قيمه الحاصلات الزراعيه والمنتجات الحيوانية .
- 3- تسبب مشاكل في الري والصرف وإعاقة حركة المياه .
- 4- زيادة تكاليف عمليات إستزراع وإستصلاح الأراضي الجديدة .
- 5- تقلل من كفاءة وجهد الإنسان نظراً لما تسببه من حساسية وتسمم وحمى القش وبعض الأمراض الأخرى .
- 6- تعتبر مأوى للأمراض والحشرات التي تصيب المحاصيل .
- 7- تؤدي تكاليف مكافحة الحشائش إلى التأثير على أوجه الإنفاق في نواحي الحياة الأخرى ، التنمية الزراعيه وغير الزراعيه .
- 8- صعوبة إجراء عملية الحصاد .

الباب الأول

بعض المفاهيم والمصطلحات المتعلقة بطبيعة المقاومة

لمبيدات الحشائش

Concepts and Terms Related to Nature of Resistance to Herbicides

توجد بعض المفاهيم والمصطلحات المتعلقة بالتفاعل بين المبيد والحشائش والصنف المحصولي وعلاقة ذلك بالمقاومة ، يجدر التنويه عنها فيما يلي (عن : عبد الرحمن، 2005) :

الحشائش Weeds

تعرف الحشائش بأنها نباتات غير مرغوب فيها تنمو طبيعياً في الأراضي الزراعية وغير الزراعية وتتكاثر وتنتشر خلال فترة زمنية غير مرغوب فيها ، وتؤدي إلى حدوث أضرار إقتصادية بالمحاصيل المنزرعة . ويعتبر أفضل تعريف للحشائش بأنها أي نبات ينمو في مكان غير مرغوب فيه ، لا يتلاءم مع العادات ويتداخل مع أنشطة الإنسان ويضر بالمحصول . ويصل تعداد أنواع الحشائش إلى حوالي 30 ألف نوع منها حوالي 1800 نوع تسبب أضراراً إقتصادية للمحاصيل الزراعية ، ينتشر منها في جميع أنحاء العالم حوالي 300 نوع .

مبيد الحشائش Herbicide : إصطلاح يطلق على المادة الكيميائية التي تستعمل لمكافحة الحشائش التي تضر بالمحاصيل الزراعية ومصادر الغذاء اللازمة للإنسان والحيوان . وقد تكون مبيدات عامة غير إختيارية

2- إنخفاض جودة المحاصيل نتيجة إحتواء بعض أنواع الحشائش على مواد سامة ، مما يؤدي إلى خفض قيمة الحاصلات الزراعية والمنتجات الحيوانية .

3- تسبب مشاكل في الري والصرف وإعاقة حركة المياه .

4- زيادة تكاليف عمليات إستزراع وإستصلاح الأراضي الجديدة .

5- تقلر من كفاءة وجهد الإنسان نظراً لما تسببه من حساسية وتسمم

وحمى القش وبعض الأمراض الأخرى ..

6- تعتبر مأوى للأمراض والحشرات التي تصيب المحاصيل .

7- تؤدي تكاليف مكافحة الحشائش إلى التأثير على أوجه الإنفاق في

نواحي الحياة الأخرى والتنمية الزراعية وغير الزراعية .

8- صعوبة إجراء عملية الحصاد .

الحساسية . حيث يؤدي تعرض الأجيال الأولى الحساسة لضغط المبيد باستمرار إلى حدوث إنتخاب طبيعي للأفراد ، يؤدي إلى زيادة مستوى المقاومة في مجموع الأفراد . وينطبق هذا المفهوم على طبيعة مقاومة سلالات وأصناف المحاصيل لمبيدات الحشائش .

المقاومة المشتركة Cross-resistance : وهي ظاهرة تحدث عند إجراء ضغط انتخابي بمبيد معين لتكوين سلالة مقاومة له ، فتُظهر مقاومة لمبيد آخر ، بغض النظر عن كون المبيدين من مجموعة كيميائية واحدة أو مجموعتين مختلفتين .

المقاومة المتعددة Multi-resistance : وفي هذه الحالة تتكون سلالات تحت ظروف الانتخاب تقاوم تأثير مبيدين أو أكثر .

التحمل Tolerance : يعنى قدرة سلالات الحشائش على تحمل تركيز معين من المبيد دون أن تموت نتيجة إمتلاكها لبعض النظم الحيوية التي تعمل على هدم أو تغيير طبيعة المادة الكيميائية ، ويتوقف ذلك على نوع المادة الكيميائية ، نوع الكائن الحي ، طريقة فعل المادة ومدة التعرض .

ففي حين تؤدي التركيزات الأعلى من التي يمكن أن تتحملها نباتات الحشيشة إلى قتلها ، ويتوقف هذا التركيز على عمر النبات ، مرحلة النمو ، نوع المبيد وطريقة المعاملة بالإضافة إلى العوامل البيئية . ويرتبط هذا المفهوم على تحمل أصناف المحاصيل لمبيدات الحشائش .

التحمل الفائق Vigor tolerance : وهو قدرة سلالات الحشائش على تحمل تركيز أعلى مما تتحمله السلالة الحساسة . قد يكون ذلك راجعاً إلى تحسن

ظروف التغذية أو زيادة الوزن والحجم ، أو ظهور سلالة إستطاعت أن تهرب من ظروف الإجهاد السيئة ، دون أن تحمل هذه الأفراد أى جينات للمقاومة . كما يحدث التحمل الفائق بنفس الميكانيكية فى سلالات المحاصيل التى تهرب من تأثير مبيدات الحشائش .

السلالة الحساسة Susceptible strain : هى سلالة تخلو أفرادها من جينات المقاومة ، وبالتالي لا تستطيع تحمل التركيزات المرتفعة من المبيد . كما تموت معظم أفرادها عند تعرضها لتركيزات منخفضة من المبيد . وتتواجد فى الطبيعة فى المناطق التى لم تعامل بالمبيدات من قبل . وينطبق هذا المفهوم على سلالات المحاصيل الحساسة لمبيدات الحشائش .

الارتباط السلبى للمبيدات Negative correlation herbicides :

هى ظاهرة تحدث تحت ضغط الانتخاب بمبيد معين ، حيث تتكون سلالة مقاومة للمبيد ، مصحوباً ذلك بزيادة الحساسية لمبيد آخر . وهى عكس ظاهرة المقاومة المشتركة التى تمثل عملية إرتباط إيجابى لمقاومة المبيدات .

الباب الثانى

أسس مقاومة المحاصيل لمبيدات الحشائش Fundamentals of Crop Resistance to Herbicides

الصفات النباتية والمعايير الانتخابية Plant Characters and Selection Criteria

تؤثر مبيدات الحشائش على نباتات المحاصيل من خلال التأثير على العمليات الحيوية والفسولوجية والبلاستيدات الخضراء ، الميتوكوندريا ، الأغشية الخلوية ، أيسر الأحماض الأمينية وتمثيل البروتين . ويتطلب إنتاج أصناف تتحمل مبيدات الحشائش الإلمام بالخصائص النباتية والصفات الفسيولوجية وفهم الأساس الجزيئى للعوامل المسؤولة عن إكساب الأصناف صفة التحمل .

أولاً : الصفات المورفوفسيولوجية Morpho-physiological characters

1- صفات البادرة والقدرة على إستعادة النمو

Seedling characteristics and recovery ability

تعتبر القدرة على الإنبات والتكشف السريع وقوة البادرات من الخصائص الهامة التى تمكن أصناف المحاصيل من تحمل أثر مبيدات الحشائش، دون تأثير معنوى على كيموحيوى وفسولوجى العمليات الحيوية لنبات المحصول ، مع التأثير على الحشيشة الضارة . وتؤثر خصائص الإنبات وسكون البذور فى عملية الانتخاب لسلاسل وأصناف مقاومة لمبيدات الحشائش

كما تعتبر صفة القدرة على الكشف من الصفات المؤثرة في مقاومة سلالات الحشائش لتأثير المبيدات . فقد لاحظ Ghera ومعاونوه (1991) عند اختبار إنبات سلالتين من الراى البرى إحداهما مقاومة والأخرى حساسة لمبيد diclofop-methyl فى حقول القمح . أن بادرآت العشائر التى تتكشف خلال موسم الزراعة ، تتعرض لضغط إنتخابى تحت تأثير المبيد بدرجة أعلى من العشائر مبكرة الإنبات التى تتكشف قبل زراعة القمح ، وتستبعد مع عملية الحرث أثناء إعداد مرقد البذرة .

غير أن طول فترة النمو الخضرى تؤثر فى قدرة الأصناف على تحمل تأثير مبيدات الحشائش ، فقد لوحظ أن صنفى فول الصويا Essex و Forrest متأخرا النضج ، كانا أكثر تحملاً لمبيد metribuzin مما سمح بالقدرة على إستعادة النمو عن الأصناف مبكرة النضج التى أضررت بشدة من تأثير المبيد (Martin et al., 1987) .

2- صفات المجموع الخضرى

Shoot system characters

تعتبر صفات عرش النبات المتمثلة فى مساحة الأوراق وإرتفاع النبات ووزن الأعضاء النباتية من المعايير المرتبطة بتحمل ضرر مبيدات الحشائش . فقد لوحظ إرتباط صفات حجم الورقة ومحتوى الماء النسبى مع تحمل هجن القمح والشعير لمبيد Paraquat . حيث لاحظ Altinkut وآخرون (2001) حدوث تحسن فى تحمل النباتات لتأثير المبيد مع صغر حجم الورقة وزيادة محتواها النسبى من الماء ، كما إرتبطت الصفتان وتحمل الجفاف .

وتتميز الأصناف المتحملة لمبيدات الاترازين و terbuthylazine بزيادة الوزن الجاف للسيقان مقارنة بالأصناف الحساسة . وهو ما لوحظ فى

وتعتبر قدره على إستشفاء الغشاء الخلوى ، من الظواهر المرتبطة بمقاومة مبيدات cyclohexanedione و aryloxyphenoxy propionic acid diphenyl ether ، وقد إرتبطت مع المقاومة على مستوى النبات الكامل، حيث وجد أن بعض الأصناف النباتية تمتلك القدرة على إستعادة الأداء الوظيفى للغشاء الخلوى عقب التعرض لتركيزات معينة من المبيدات التى يستقطب الغشاء، وهو ما لوحظ فى نبات الجازون ونباتات الأرز المعدلة وراثياً (Ha et al., 2004) .

ثانياً : الصفات الكيموحيوية : Biochemical characters

1- محتوى الأحماض الأمينية Amino acids content

أشارت الدراسات الكيموحيوية والفسىولوجية أن محتوى الكائن الحى من أحماض أمينية معينة له علاقة بمقاومة مبيدات الأعشاب . فقد ظهر أن النسبة بين الأيزوليوسين : الليوسين هى المسئولة عن مقاومة الشوفان لمبيدات الحشائش (Christoffers et al., 2002) . كما تأيد هذا الاتجاه على مستوى طحلب الكلاميدوموناس ، حيث كانت سلالاته المقاومة للاترازين 4 DCMU و DCMU أعلى فى محتوى الجليسين مقارنة بالسيرين عند موضع الحمض الأميى 264 مقارنة بالطراز البرى . هذه السلالة لها القدرة على تغيير أو تبديل إنتقال الإلكترون كما فى النباتات الراقية (Erickson et al., 1985)

كما أن التغيير من حمص السيرين إلى الجليسين فى السبانو بكنريا C'yanobacteria كان مرتبطاً مع المقاومة لمبيد s-triazine ، بينما التغيير من السيرين إلى الألبير هو المسئول عن مقاومة مبيد phenylurea

(Ohad and Hirschberg, 1990)

4- كفاءة التمثيل الضوئي والقدرة على المنافسة

Photosynthetic and competition ability.

لقد تُرس التمثيل الضوئي والإنتاجية في عدد هائل من الطرز النباتية المقاومة والحساسية لمبيد الترايازين triazine . ولوحظ تميز الطرز المقاومة بتركيب تشريحي جيد للورقة وقدرة عالية على التظليل وتراكيب الكلوروبلاست ذات المحتوى العالي من الجراننا ونسبة كلوروفيل b / a ، مع محتوى أقل من البروتين . وتكسب هذه الصفات أصناف المحاصيل القدرة على الأقامة وتعويض انخفاض مستوى التمثيل الضوئي الثاني PS II في النباتات المقاومة لمبيد الترايازين . فقد لاحظ Hobbs (1987) أن معدل إنتاج المادة الجافة في الطرز المقاومة كان أعلى من الطرز الحساسة .

5- سلامة الغشاء الخلوي ومعدل التسرب الألكتروليتي

Cell membren integrity and rate of electrolytic leakage

يعتبر سلامة الغشاء الخلوي واحداً من الصفات الفسيولوجية الهامة المحددة لتحمل جيرمبلازم المحاصيل لمبيدات الحشائش . فقد إرتبط تحمل جيرمبلازم الأرز لمبيد oxyfluorfen بمستوى أكسدة ليبيدات الغشاء الخلوي ودرجة التسرب الألكتروليتي والذي كان مرتفعاً في النباتات الحساسة مقارنة بالطرز البرية وإعتمد ذلك على تعبير بروتين Protox . حيث أشار Kuk ومساعدوه (2005) أن الطرز البرية من الأرز الأكثر تحملاً لمبيدات oxyfluorfen و carfentrazone-ethyl ، كانت أقل في معدل التسرب الألكتروليتي من الطرز المعدلة وراثياً في الجيل المتحول الثالث T_3 .

وتعتبر القدرة على إستشفاء الغشاء الخلوى ،من الظواهر المرتبطة بمقاومة مبيدات cyclohexanedione و aryloxyphenoxy propionic acid diphenyl ether ، وقد إرتبطت مع المقاومة على مستوى النبات الكامل، حيث وجد أن بعض الأصناف النباتية تمتلك القدرة على إستعادة الأداء الوظيفى للغشاء الخلوى عقب التعرض لتركيزات معينة من المبيدات التى تستقطب الغشاء، وهو ما لوحظ فى نبات الجازون ونباتات الأرز المعدلة وراثياً (Ha et al., 2004) .

ثانياً : الصفات الكيموحيوية : Biochemical characters

1- محتوى الأحماض الأمينية Amino acids content

أشارت الدراسات الكيموحيوية والفسيولوجية أن محتوى الكائن الحى من أحماض أمينية معينة له علاقة بمقاومة مبيدات الأعشاب . فقد ظهر أن النسبة بين الأيزوليوسين : الليوسين هى المسئولة عن مقاومة الشوفان لمبيدات الحشائش (Christoffers et al., 2002) . كما تأيد هذا الاتجاه على مستوى طحلب الكلامبيدوموناس ، حيث كانت سلالاته المقاومة للترازين 4 DCMU و DCMU أعلى فى محتوى الجليسين مقارنة بالسيرين عند موضع الحمض الأميني 264 مقارنة بالطراز البرى . هذه السلالة لها القدرة على تغيير أو تبديل إنتقال الإلكترون كما فى النباتات الراقية (Erickson et al., 1985) .

كما أن التغيير من حمض السيرين إلى الجليسين فى السيyanobكتريا Cyanobacteria كان مرتبطاً مع المقاومة لمبيد s-triazine ، بينما التغيير من السيرين إلى الأئين هو المسئول عن مقاومة مبيد phenylurea (Ohad and Hirschberg, 1990) .

كما أعزيت المقاومة لمبيد الترايازين في أجناس Brassica ، Solanum ، Chenopodium إلى إحلال السيرين 264 بالجليسين أو الألفين (Erickson *et al.*, 1984) .

2- النشاط الإنزيمى ومضادات الأكسدة

Enzyme activity and antioxidants

لوحظ زيادة مستوى نشاط عديد من الإنزيمات ومضادات الأكسدة عقب التعرض للمعاملة بمبيدات الأعشاب ، والتي تعمل على حماية الوظائف الحيوية والفسىولوجية التى تدور فى فلك النبات . فقد إرتبط المستوى المرتفع لنشاط إنزيم (Protox) Protoporphyrinogen-IX oxidase مع تحمل أصناف الأرز لمبيد oxyfluorfen , chlorophthalim مقارنة بالصنف الحساس Anjou (Hirak *et al.*, 2000) .

ولقد لوحظت زيادات معنوية فى مستوى Cytosolic Cu / Zn- Superoxide dismutase وإنزيمات البيروكسيداز 1 و 2 والكتاليز فى الطرز البرية من الأرز بعد 48 ساعة من المعاملة بمبيد oxyfluorfen ، بينما عانت النباتات المعدلة وراثياً من إجهاد المواد المؤكسدة التى تكونت تحت تأثير إجهاد المبيد (Jung and KyoungWhan, 2005) . كما إزداد نشاط إنزيم البروتيتيز فى أصناف الأرز والرأى المقاومة لمبيدات الحشائش والمبيدات الحشرية ، فى إشارة إلى دورها المعنوى فى المقاومة لإجهادات البيئة المختلفة (Sohail – Ahmed *et al.*, 2005) .

ويعتبر محتوى الثيول فى النبات كأحد مضادات الأكسدة ذو علاقة وتحمل تأثير مبيدات الحشائش . فعند دراسة العلاقة بين تحمل مبيد الحشائش chloroacetanilides ومستوى الجلوتاثيون فى بعض الأنواع النباتية ، وجد

Breaux وآخرون (1985) أن معظم الثيول الذي أمكن تقديره في بادرات
عديد من الأنواع النباتية المحتملة والحساسة كان من نوع الجلوتاثيون ، بينما في
فول الصويا ولوبيا العلف والبرسيم الحجازي كان من النوع
Homoglutathione . وأشار التحليل الكمي إلى تميز بادرات الذرة الشامية
المتحملة للمبيد بمحتوى أعلى من الجلوتاثيون عن بادرات الخشائش الحساسة ،
وصاحب المعدلات العالية من مبيد alachlor و metolachlor إنتاج مستويات
عالية من الجلوتاثيون في بادرات الذرة الشامية . كما أعزيت مقاومة نباتات
الأرز والذرة الشامية والقمح لمبيد الاترازين atrazine إلى هدم سمية المبيد
بإنزيم Glutathione s-transferase (Oxtoby and Hughes, 1989) .
وأعزيت مقاومة سلالات الأرز M4 , M7 المعدلة وراثياً لمبيد oxyfluorfen
إلى القدرة على الحد من تراكم الـ Protoporphyrin في السيٲوسول بفعل
النشاط المرتفع لإنزيم Protox في الكلوروبلاست والميتوكوندريا (Jung
) et al., 2004 .

الاختلافات الصنفية ومصادر التحمل لمبيدات الحشائش

Varietal Differences and Sources of Tolerance to Herbicides

تختلف أنواع وأصناف المحاصيل في قدرتها على تحمل مبيدات الحشائش ، غير أن هذه الاختلافات لم تستغل في برامج تربية أصناف مقاومة لقرون طويلة . ولقد سُجلت إختلافات واضحة في المقاومة في عديد من المحاصيل الحقلية يمكن سردها على النحو التالي :

القمح Wheat

تعتبر الأصناف الأجنبية Clearfield ، Clearfield WHTJN 2 ، WHTJ STL الناتجة من الانتخاب المنسب متحملة لمبيد imidazolinone . ولقد تميز صنف القمح HD 2687 بقدرة عالية على منافسة حشائش الفلارس حيث سجل أقل وزن جاف للحشيشة بعد 90 يوم من الزراعة ، وتميز بأعلى عدد من السنابل وتراكم المادة الجافة ومحصول الحبوب (6709 كجم / هكتار) مقارنة بالأصناف HD 2687 ، PBW 343 ، WH 157 ، (Chauhan et al., 2001) .

كما تباينت أصناف القمح في تحملها لمبيدات AEF 13006000 plus ، AEF 11500800 ، حيث إنخفض محصول الأصناف Coker 9663 ، FFR 555 ، Pioneer 2684 ، Coker 9704 ، Pioneer 2580 ، Jackson بنسبة 3 ، 5 ، 6 ، 8 ، 10 ، 16% ، على الترتيب ، وكان أعلاهم

في معدل النقص الصنف Jackson وأعزى النقص في محصول الأصناف إلى نقص عدد حبوب السنبله (Crooks *et al.*, 2004) .

وأظهرت أصناف القمح AP 502 CL ، Above ، IMI-Field ، IMI-Jagger ، IMI-Madsen ضرراً للمعاملة بمبيد imazamoy عند إضافته بمعدل 108 جم / هكتار (Frihauf *et al.*, 2005) . ويعتبر الصنف Teal 15A متحماً لمبيد imidazolinone ، في حين كان الصنفان Brundage 96 و Conan أكثر حساسية لضرر المبيد (Rainbolt *et al.*, 2005) .

الأرز Rice

أظهرت تجارب التقييم لمجموعة من 46 صنف من الأرز لتحمل مبيد الحشائش butachlor ، oxyfluorfen بجرعة مضاعفة وأخرى موصى بها بمعدل 3 و 0.3 كجم / هكتار ، على الترتيب ، أن الأصناف 37 ADT ، ASD 13 ، CO 43 كانت متحمة لمبيد butachlor مع أقل قيم لدليل السمية وتل نقص لدليل مساحة الورقة مقارنة بالكنترول ، في حين كانت الأصناف PY 3 و Giza 172 و AdD 46 حساسة للمبيد . وبالنسبة لمبيد fluorfen : كانت الأصناف 18 ASD ، 37 ADT ، CO 43 ، Swarna ، Chaitanya متحمة ، بينما كانت الأصناف IR 50 ، PY 3 ، IR 66 ، Giza 172 ، Xiang Chow حساسة للمبيد (Gurusamy *et al.*, 2000) .

وعند تقييم صنفان من الأرز تحت ظروف الصوبة لتأثير مبيد V-10029 (bispyribac- sodium) ، أظهر الصنف Bengal مستوى أقل من التحمل مقارنة بالصنف Cocodrie (Zhang and Webster, 2002) .

كما كان صنف الأرز الأجنبي RU 9701041 أكثر تحملاً لمبيد Clomazone ، فى حين كان الصنفان RU 961096 Koshihikari ، أكثر حساسية للمبيد (Scherder *et al.*, 2004) . هذا وقد أظهر صنف الأرز طويل الحبة Drew أقل ضرراً لمبيد clomazone عن الأصناف Cocodrie ، Cypress ، CL-141 و Wells . وعلى الجانب الآخر ، كان صنف الأرز متوسطى طول الحبة Earl ، LL-401 أكثر ضرراً بين الأصناف المدروسة ، حيث قل إرتفاع النبات وإنخفض المحصول معنوياً مقارنة بالصنفين Bengal ، LL-601 (Zhang *et al.*, 2004b) .

الذرة الشامية Maize

تميز صنف الذرة الشامية DK 212 MF بأنه أقل حساسية لمبيد oxyfluorfen ، chlorophthalim مقارنة بالصنف Anjou Hiraki (Hiraki *et al.*, 2000) .

وكان الصنف الصينى Nongda 3138 أكثر تحملاً لمبيد chlorsulfuron ، tribenuron-methyl مقارنة بالصنف Nongda 108 (Fan *et al.*, 2003) .

وتعتبر أصناف الذرة الشامية Pacific 626 ، Pacific 983 أكثر تحملاً لمبيد glufosinate ، فى حين كان الصنف CP 989 أكثر حساسية والتي أعزيت لتراكم نسبة أعلى من الأمونيا به مقارنة بالصنفين الآخرين (Pornprom *et al.*, 2003) . هذا وقد أظهرت أصناف الذرة الشامية البولندية Iman ، Wairus ، Krol ، Fido مستوى عالى من التحمل لمبيد sulfonylurea ، وإستجابت الأصناف متأخرة النضج Iman ، Krol ،

(Goebiowska and Rola, Magister ، Kanzler لمبيد بطريقة مشابهة ، 2003) .

علاوة على ذلك ، كان هجين الذرة الأجنبي Cargill 2127 متحملاً لمبيد rimsulfuron ، فى حين كان الهجين Pioneer 3897 حساساً للمبيد (Fuentes and Leroux, 2003) . وأظهرت أصناف الذرة الشامية Belle ، Calico ، GH 2684 ، Reveille ، Rival مستوى عالى من التحمل لمبيد bentazone عند إضافته بعد الإنبات ، بينما كان الصنف Delmonte 2038 أكثر حساسية لضرر المبيد (Diebold et al., 2004) . وأكدت دراسة Soltani وآخرون (2005) حساسية هجين الذرة السكرية Delmonte 2038 لمبيد thifensulfuron methyl بنسبة ضرر مرئى أكثر من 92 % ، ونقص إرتفاع النبات بنسبة 76 % والمحصول بنسبة 98 % مقارنة بالكنترول . وأظهرت الهجن Empire ، GH 1861 ، GH 2298 ، GH 2684 ضرر مرئى قدره 53 % ، 55 % ، 53 % و 61 % ونقص فى إرتفاع النبات بنسبة 34 % ، 31 % ، 32 % و 26 % والمحصول بنسبة 77 % ، 68 % ، 68 % ، 51 % على الترتيب . بينما لم تتأثر الهجن GG 214 ، GH 2547 ، GSS 9299 ولم ينخفض محصولها .

الفول البلى Faba bean

أظهرت تجارب التقييم وجود اختلافات عالية المعنوية بين أصناف الفول البلى فى تحملها لمبيد الجليفوسات وأظهر الصنف قاهرة 2 ، Hyto 24 و Line 396 مستوى عالى من التحمل للمبيد ، فى حين كان الصنف جيزة 2 هو الأكثر حساسية وأظهر الصنفان جيزة 129 ومصر 2 مستوى متوسط من التحمل للمبيد (Darwish et al., 2007) .

فول الصويا Soybean

تتباين أصناف فول الصويا فى إستجابتها للعديد من مبيدات الأعشاب ، حيث وجدت إختلافات وراثية فى المقاومة لتقصف وتكسر السيقان بين سلالات وأصناف فول الصويا . وفى هذا المجال ، أظهرت الأصناف Essex و Forrest تحملاً لمبيد metribuzin عند معدل 420 جم / فدان . وكانت قدرة تحمل الأصناف 71 Cutler و Pershing و Dare حتى معدل 280 جم / فدان ، فى حين كان الصنف Craufurd أكثر حساسية بالرغم من تفوقه فى المحصول (El-Batal and Abdel Gawad, 1995) .

وأظهر صنف فول الصويا Flyer و Asgrow A4715 مقاومة عالية لمبيد الحشائش pendimethalin (Glover and Schapaugh, 2002) . كما كان الصنف H8001RR متحملاً لمبيد الحشائش glyphosate . (Norsworthy, 2004) .

بنجر السكر Sugarbeet

أظهر صنف بنجر السكر Liberty Link تحملاً لمبيد glufosinate ، بينما كان الصنف Roundup Ready cultivar متحملاً لمبيد glyphosate . (May et al., 2005) .

الباب الرابع

السلوك الوراثى لتحمل مبيدات الحشائش

فى المحاصيل الحقلية

Genetic Behaviour of Herbicide Tolerance in Field Crops

يتوقف نجاح مربى النبات فى برامج التربية لإنتاج أصناف مقاومة أو متحملة لمبيدات الحشائش إلى حد كبير على مدى الإلمام بطبيعة وراثية المقاومة وسلوكها فى الأجيال المتعاقبة من برنامج التربية . ويفيد ذلك فى تصميم برنامج التربية وتقييم نواتج التربية بالطريقة التى تسمح بانتخاب النباتات الأكثر تحملاً بأبسط الطرق خلال الأجيال المتعاقبة .

وتشير التقارير البحثية إلى أن المقاومة لمبيدات الحشائش تبدو صفة سائدة أو قد تكون متنحية ، وأن المقاومة صفة وراثية تتعزل مثل الصفات النباتية الأخرى .

التوريث المندلى البسيط

Simple mendelian inheritance

تُفسر وراثية المقاومة فى بعض الحالات على أساس السلوك المندلى البسيط ، حيث يختلف تأثير المبيد بين النباتات المقاومة والحساسة ، فبينما لا تتأثر الأصناف المقاومة ، يلاحظ حدوث موت لأجزاء واضحة من النسيج النباتى فى الأصناف الحساسة . وعموماً قد تكون المقاومة راجعة إلى تأثير جين واحد Monogenic أو تأثير جينين Digenic .

أو تأثير عدد قليل من الجينات Oligogenic . ويطلق على هذه الجينات بالجينات الرئيسية Major genes ، حيث يكون تأثير الجين واضحاً وتعطى هذه الجينات مستوى عالى من المقاومة ، كما يمكن إدخالها إلى التراكيب الوراثية وتطويعها بسهولة فى برامج التربية نظراً لأن المقاومة فى هذه الحالة تكون ذات معامل توريث مرتفع والانتخاب لها يكون فعالاً فى الأجيال المبكرة . ويوضح جدول (1 - 4) التوريث المندلى البسيط للمقاومة لمبيدات الحشائش فى الطرز الحيوية لبعض أنواع الحشائش . كما يوضح جدول (2 - 4) جينات المقاومة لمبيدات الحشائش الموجودة طبيعياً فى المحاصيل المنزرعة ، وكذا النتائج المتحصل عليها تحت ظروف الانتخاب الصناعى (جدول 3 - 4) .

التوريث الكمي Quantitative inheritance

قد تسلك المقاومة لمبيدات الحشائش سلوك الصفات الكمية التى يحكمها عديد من العوامل الوراثية وذلك بناءً على تقديرات المحصول ونسبة الموت للنباتات المتأثرة بالمبيد . وفى هذه الحالة ، يسهم كل جين بتأثير صغير Minor effect فى مجموع المقاومة الأفقية . وتؤدى هذه الجينات إلى التأثير على كيموحيوى وفسىولوجى النبات وتغيرات فى النشاط الإنزيمى ، مما يزيد من قدرة الصنف على مقاومة المبيد . ويكون معامل توريث المقاومة الكمية أقل من المقاومة البسيطة كما هو موضح بجدولى (4 - 4 ، 4 - 5) والانتخاب لها أقل فاعلية . وتكون الإنعزالات الناتجة من تهجين الأصناف المتباينة فى المقاومة أكثر تعقيداً .

جدول (4 - 1) : التوريث المنطلي البسيط في مقاومة المحاصيل لمبيدات الحشائش .

المبيد	النوع	العشائر النباتية	اختبار المقاومة	مقياس المقاومة	عدد الجينات
Atrazine	<i>Zea mays</i>	F ₁ , F ₂ , BC	Recommended rate	Dead/alive	1 dominant
Barban	<i>Hordeum vulgare</i>	F ₂ , F ₃	0.8 kg ha ⁻¹	Leaf chlorosis or apical inhibition Visual rating	1 recessive or quantitative 1 or 2 recessive
Bensulfuron	<i>Oryza sativa</i>	F ₁ , F ₂	Germination on 10 ⁻⁵ M agar	Visual rating	1 dominant
Bentazon	<i>Capsicum annuum</i>	F ₁ , F ₂ , BC	4.5 kg ha ⁻¹ on 25-day-old seedling	Visual rating	1 dominant
Butachlor	<i>Oryza sativa</i>	F ₁ , F ₂	30 kg/ha 3- to 4-leaf seedling	Visual rating	1 recessive
Chlortoluron	<i>Triticum aestivum</i>	Substitution lines F ₁ , F ₄	4.8 kg ha ⁻¹	Visual rating	1 dominant
2,4-D	<i>Triticum aestivum</i>	F ₁ , F ₂	0.6 kg ha ⁻¹ on 45-day-old plant.	Dead/alive	1 dominant
Diclofop	<i>Avena sativa</i>	F ₂ , BC	0.7 kg ha ⁻¹ at 3-leaf stage	Visual rating	2 semidominant
Difenzoquat	<i>Triticum aestivum</i>	F ₂ , monosomic lines, F ₄	1.7 kg ha ⁻¹ 3- to 4-leaf stage	Visual rating	1 dominant
Metoxuron	<i>Triticum aestivum</i>	F ₃ , F ₄ , F ₅	13.5 kg ha ⁻¹ at 2-leaf stage	Visual rating	1 recessive
Metribuzin	<i>Glycine max</i>	F ₁ , F ₂ , BC	0.12 ppm in hydroponics	Dead/alive	1 dominant
Metribuzin	<i>Lycopersicon esculentum</i>	Diallel (F ₁)	0.25 ppm in hydroponics	Dead/alive, height and weight	1 recessive
Metribuzin	<i>Solanum tuberosum</i>	F ₁ , F ₂ , BC	0.12 ppm in hydroponics	Visual rating	1 dominant
Oxyfluorfen	<i>Oryza sativa</i>	F ₁ , F ₂	2 kg ha ⁻¹ on 10-day-old seedling	Visual rating	1 recessive
Trifluralin	<i>Cucurbita moschata</i>	F ₁ , F ₂ , BC	1.1 kg ha ⁻¹ soil-incorporated	Visual rating	1 dominant and 1 epistatic

(عن : Powles and Holtum, 1994)

جدول (4 - 2) : وراثة المقاومة لمبيدات الحشائش في نباتات المحاصيل المقاومة تحت الظروف المعملية

المبيد	النوع	التوريث
Bensulfuron methyl	<i>Oryza sativa</i>	1 dominant + interaction
Bentazon	<i>Nicotiana tabacum</i>	1 or 2 recessive (2 loci)
Chlorsulfuron	<i>Arabidopsis thaliana</i>	1 dominant
Chlorsulfuron	<i>Glycine max</i>	1 dominant
Chlorsulfuron	<i>Glycine max</i>	1 recessive (3 loci)
Chlorsulfuron	<i>Nicotiana tabacum</i>	1 dominant (2 loci)
2,4-D	<i>Arabidopsis thaliana</i>	1 almost recessive
Haloxypop	<i>Zea mays</i>	1 dominant (2 loci)
Imazapyr	<i>Arabidopsis thaliana</i>	1 dominant
Imazapyr	<i>Zea mays</i>	1 semidominant (2 loci)
Imazethapyr	<i>Brassica napus</i>	1 or 2 semidominant (2 loci) additive
Imazethapyr	<i>Triticum aestivum</i>	1 semidominant
Isoxaben	<i>Arabidopsis thaliana</i>	1 semidominant (2 loci)
Paraquat	<i>Ceratopteris richardii</i>	1 recessive
Picloram	<i>Nicotiana tabacum</i>	1 dominant or semidominant (2 loci)
Primisulfuron	<i>Nicotiana tabacum</i>	1 dominant
Primisulfuron	<i>Zea mays</i>	1 dominant
Phenmedipham	<i>Nicotiana tabacum</i>	1 recessive
Sethoxydim	<i>Zea mays</i>	1 semidominant

(عن : Powles and Holtum, 1994)

جدول (4 - 3) : التوريب المنذلى البسيط فى مقاومة سسلات الحشائش للمبيدات .

المبيد	النوع	العشائر النباتية	اختبار المقاومة	مقياس المقاومة	عدد الجينات
Atrazine	<i>Abutilon theophrasti</i>	F ₁ , F ₂ , F ₃	1 ppm in hydroponics	Dead/alive + intermediate	1 semidominant
Chlortoluron	<i>Alopecurus myosuroides</i>	Bulk F ₁	Leaf fluorescence	Inhibition recovery	2 additive
Diclofop	<i>Lolium multiflorum</i>	F ₁ , F ₂	7.5 kg ha ⁻¹ in vitro test	Dry weight and visual injury rating	1 semidominant
Fenaxoprop	<i>Avena sterilis</i>	F ₁ , F ₂	0.6 kg ha ⁻¹ at 2-leaf stage	Visual injury rating	1 semidominant
Fluazifop	<i>Avena sterilis</i>	F ₂	0.55 kg ha ⁻¹	Visual injury rating	1 semidominant
Haloxypop	<i>Lolium rigidum</i>	F ₁ , F ₂	Up to 0.2 kg ha ⁻¹	Dead/alive	1 semidominant
Metsulfuron	<i>Lactuca seriola</i>	F ₁ , F ₂ , F ₃	0.5 ppm	Dead/alive + intermediate	1 semidominant
Paraquat	<i>Arctotheca calendula</i>	F ₁ , F ₂ , BC	0.8 kg ha ⁻¹ at 5- to 6-leaf stage	Visual injury rating	1 semidominant
Paraquat	<i>Conyza philadelphicus</i>	F ₁ , F ₂ , BC	0.5 kg ha ⁻¹ on seedlings	Dead/alive	1 dominant
Paraquat	<i>Conyza bonariensis</i>	F ₁ , F ₂	10 ⁻⁵ M at rosette stage or in vitro test	Dead/alive	1 dominant
Paraquat	<i>Erigeron canadensis</i>	F ₂	10 ⁻⁵ M at germination and at cotyledon stages	Dead/alive	1 dominant
Paraquat	<i>Hordeum glaucum</i>	F ₂ , F ₃	0.1 kg ha ⁻¹ at tillering	Dead/alive + intermediate	1 semidominant
Paraquat	<i>Hordeum jubatum</i>	F ₁ , F ₂	0.2 kg ha ⁻¹	Visual injury rating	1 semidominant
Siduron	<i>Hordeum jubatum</i>	F ₂	2.2 kg ha ⁻¹ at germination	Radicle length	3 complimentary
Trifluralin	<i>S. alia viridis</i>	F ₂	0.6 ppm at germination	Radicle length	1 recessive

(عن : Powles and Holtum, 1994)

جدول (4 - 4) : التوريت الكمي في مقاومة المحاصيل لمبيدات الحشائش .

المبيد	النوع	العشائر النباتية	اختبار المقاومة	نظام التلقيح	كفاءة التوريت
Atrazine	<i>Linum usitatissimum</i>	F ₁ , F ₃ , BC	0.8 kg ha ⁻¹ soil incorporation	Dry matter reduction	0.29-0.34
Atrazine	<i>Zea mays</i>	Diallel (90 F ₁)	6 ppm in hydroponics	Leaf mass	0.43-0.70
Bensulfuron/ Pretilachlor	<i>Oryza sativa</i>	Diallel (15 F ₁)	0.36-2 kg ha ⁻¹ 1- to 2-leaf stage	Plant height	0.52
Chloramben	<i>Cucumis sativus</i>	Diallel (4 F ₁) F ₂ , BC	3 ppm in hydroponics	Visual injury rating, height and weight	0.36-0.87
Clomazone	<i>Zea mays</i>	Parent/offspring	0.02 to 1.02 kg ha ⁻¹ soil incorporation	Bleaching rate	0.84
Diclofop	<i>Zea mays</i>	F ₁ , F ₂	0.8 kg/ha at 6- to 7-leaf stage	Visual injury rating	0.90-0.99
MCPA	<i>Linum usitatissimum</i>	F ₃ , F ₄ , BC	1.1 kg/ha on 1-month-old plant	Visual injury rating, height, maturity	0.16-0.36
Metribuzin Metribuzin	<i>Ipomea batatas</i> <i>Triticum aestivum</i>	Parent/offspring F ₁ , F ₂ , BC	0.6 ppm in hydroponics Fluorescence	Visual injury rating, weight Photosynthetic inhibition	0.84-1.0 Cytoplasm + nuclear genes
Paraquat	<i>Lolium perenne</i>	Population/ offspring F ₁ , F ₂	0.4 kg ha ⁻¹	Visual injury rating, yields	0.51-0.72
Propanil	<i>Glycine max</i>	F ₁ , F ₂	0.8 kg ha ⁻¹ at 8-nodes stage	Visual injury rating	0.38-0.50
Simazine	<i>Brassica napus</i>	Diallel (42 F ₁)	50 ppm in hydroponics	Visual injury rating	0.62
Simazine	<i>Brassica campestris</i>	Cross-composite population	50 ppm in hydroponics	Visual injury rating	0.57

(عن Powles and Holtum, 1994)

جدول (4 - 5) : التوريث الكمي في مقاومة العشائر البرية للحشائش لمبيدات الحشائش .

المبيد	النوع	العشائر النباتية	اختبار المقاومة	نظام التقييم	كفاءة التوريث
Barban	<i>Avena fatua</i>	Selfed families, 7 populations (100 families each)	0.15 kg ha ⁻¹ at 2- to 3-leaf stage	Visual injury rating	0-0.53
Chlortoluron	<i>Triticum dicoccoides</i>	208 families from 11 populations	5.5 kg ha ⁻¹ at 4- to 5-leaf stage	Visual injury rating	0.72
Glyphosate	<i>Convolvulus arvensis</i>	Diallele (20 F ₁)	1.1 kg ha ⁻¹ on 4- to 5-month- old plant	Visual injury rating	Additive
Simazine	<i>Senecio vulgaris</i>	Selfed families (5 families)	0.7 kg ha ⁻¹ by soil incorpo- ration	Seedling mortality	0.22

(عن : Powles and Holtum, 1994)

وفيما يلي شرح للسلوك الوراثي لمقاومة مبيدات الحشائش في بعض
المحاصيل الحقلية :

القمح Wheat

وجد أن إختلاف إستجابة القمح لمبيد difenzoquat الاختياري لحشيشة
الشوفان يحكمه جين رئيسي سائد يرمز له بالرمز *Dfq₁* موجود على
الكروموسوم 2B (Snape et al., 1987) .

وعند دراسة وراثية تحمل قمح الديورم لمبيد metribuzin من خلال
تهجين الصنف Anton المقاوم والصنف Nita الحساس وتقييم هجن الجيل
الأول F₁ ، الثاني F₂ والثالث F₃ للاستجابة للمبيد بتقدير وزن النبات ، لم يجد
Villarroya ومعاونوه (2000) فروق معنوية بين أنسال الهجن العكسية ولم
تتأثر المقاومة بالوراثة البسييتوبلازمية ووضح أن صفة التحمل شبه سائدة
Semi-dominant . وبلغت تقديرات معامل التوريث بانحدار نسل F₃ على F₂

23% ، في حين بلغت 52% بتقدير التباين الوراثي / التباين المظهري لعائلات الأخوة الأشقاء في الجيل الثاني ..

وبالتحليل الوراثي لمقاومة السلالات الطفرية من القمح الدارج لمبيد imidazolinone ، تمكن (Pozniak and Hucl, 2004) من تعيين جين المقاومة FS-4 السائد جزئياً في السلالة BW755 . وأظهر تحليل الجيل الأول والثاني والجيل الرجعي الأول BC_1F_1 وعشائر 3 : F2 ، أن المقاومة في السلالات 1A , 9A , 10A , 11A , 16A ، صفة سائدة جزئياً ويحكمها جين فردي نووي . ويحكم المقاومة في التركيب الوراثي Teal IMI 15A إثنين من الجينات النووية السائدة المستقلة . وقد سمى جين المقاومة في السلالات 11A , 15A بـ Imi_1 , Imi_3 ، على الترتيب . وأوضحت الدراسة أن إدخال إثنين أو أكثر من جينات المقاومة إلى تركيب وراثي معين يمنحه مستوى عالٍ من المقاومة للمبيد .

وقد أمكن حتى عام 2005 حصر حوالي 10 جينات لمقاومة مبيد imidazolinone في سلالات وأصناف القمح المقاومة (Rainbolt et al., 2005) .

كما أمكن تعيين موقعين هما WT_1 , WT_2 مسئولين عن مقاومة سلالات القمح المعدلة وراثياً لمبيد Glufosinate (Howarth et al., 2005) وكذا جيني المقاومة GS_1 , GS_2 في نباتات القمح المعدلة وراثياً تتحكم في المقاومة لمبيد phosphinothricin (Huang et al., 2005) .

الشعير Barley

أظهر التحليل الوراثي لطفرات الشعير أن المقاومة لمبيد الـ atrazine تتبع الوراثة الأمية ، وأثبت تحليل الـ PCR أن جين الكلوروبلاست *psb A* هو المسئول عن المقاومة للمبيد (Rios et al., 2003) .

وعند التهجين بين سلالات وأصناف من الشعير متباينة في مقاومتها لمبيد glufosinate ammonium ودراسة سلوك المقاومة في هجن الجيل الأول والأجيال الرجعية ، أظهرت النتائج وجود اختلافات وراثية في المقاومة وسلكت في توريثها السلوك المندلي البسيط ويحكم وراثتها جين فردي سائد (Bregitzer and Tonks, 2003) .

الأرز Rice

أشارت الدراسات الوراثية ، أن المقاومة لمبيد الـ glufosinate في نسل الجيل الأول المتحول R_1 والجيل الثاني R_2 يحكمها واحداً. أو اثنين من الجينات (Jiang et al., 2000) . وقد أضاف Zhang وآخرون (2003) أن مقاومة عشائر الجيل الثاني من الأرز لمبيد glufosinate يحكمها جين فردي سائد يتبع السلوك المندلي البسيط .

وعلى الجانب الآخر ، يحكم المقاومة لمبيد الاترازين في الأرز الجين *atz A* ويتبع الانعزال في الجيل الأول المعدل السلوك المندلي البسيط (Wang et al., 2005) .

الذرة الشامية Maize

أظهرت نتائج التحليل الوراثي للهجن الناتجة من آباء متباينة في المقاومة لمبيد واسع من مبيدات الحشائش في بلجراد ، أن النسل الناتج من الهجن

المختبرة كان مقاوماً ، فى إشارة إلى أن المقاومة صفة سائدة (Vancetovic *et al.*, 2004) .

وعند تهجين سلالات حساسة وأخرى مقاومة لمبيد nicosulfuron ، mesotrione التى أضيفت بعد الكشف وتقييم سلالات وعائلات الجيل الذاتى الأول S₁ ، لم تختلف نسبة الانعزال فى العائلات معنوياً عن 1 حساس : 2 منعزل : 1 متحمل ، فى إشارة إلى أن الحساسية للمبيدين يتحكم فيها جين فردى متنحى (Williams *et al.*, 2005) .

فول الصويا Soybean

أظهرت الدراسات المبكرة التى أجراها Edwards ومساعدوه (1976) أن حساسية فول الصويا لمبيد metribuzin تعزى إلى جين فردى متنحى *hm* . إلا أن (Kilen and He (1992) وجدوا أن تحمل مبيد metribuzin فى الطراز البرى لفول الصويا *Glycine soja* محكوم باليالات عند نفس الموقع الوراثى مماثلاً للجين *Hm* فى الأصناف المنزرعة التجارية التابعة للنوع *G.max* .

ويوجد عدد قليل من الجينات ذات السيادة الجزئية مسئولة عن المقاومة لضرر مبيد propanil (Karazawa and Caviness, 1979) . كما أعزى تحمل أصناف فول الصويا لمبيد Sulfentrazone إلى جين فردى سائد (Swantek *et al.*, 1998) .

وبدراسة عشائر هجن 3 : F2 الناتجة من التهجين بين صنفى فول الصويا المقاومين Asgrow A4715, Flyer مع صنفين قابلين للإصابة K87-7-95 و Essex ، تحت تأثير المعاملة بمبيد Pendimethalin بمعدل 1.68 كجم / هكتار قبل الكشف والرى عند الحاجة ، تحت ظروف البيوت

الزجاجية . أظهرت النتائج أن المقاومة لأعراض تقصف الساق تورث كصفة كمية ، مع سيادة المقاومة في عشيرة الهجين A 4715 × Essex . كما أظهر الصنف Flyer حساسية أعلى لضرر المبيد حيث احتوى على عدد قليل من جينات المقاومة أو اليات مختلفة مقارنة بالصنف Asgrow A4715 . وتباينت قيم معامل التوريث من منخفضة (19%) في الهجين A 4715 × Flyer ، متوسطة (33%) في الهجين K 87-7-95 × Flyer إلى عالية نسبياً (52%) في الهجين A 4715 × Essex (جدول 4 - 6) مع إمكانية عزل سلالات مقاومة في الأجيال الانعزالية (Glover and Schapaugh, 2002) .

جدول (4 - 6) : تقديرات معامل التوريث في المعنى العام للمقاومة لعرض تقصف السيقان تحت تأثير مبيد pendimethalin في ثلاث عشائر من فول الصويا .

العشيرة النباتية	h^2_f
A4715 × Essex	0.52**
K87-7-95 × Flyer	0.33**
A4715 × Flyer	0.19**

† ، * ، ** ، معنوى عند مستويي معنوية 0.05 ، 0.01 ، على الترتيب .

قدرت قيم معامل التوريث لمكونات التباين على أساس سلالات F2 : 3

(عن : Glover & Schapaugh, 2002) .

زهرة الشمس Sunflower

تعتبر الطرز البرية من زهرة الشمس حشائش في حقول الذرة الشامية وفول الصويا ومحاصيل أخرى في شمال أمريكا . وقد أكتشفت طرز مقاومة لنوعي مبيدات الحشائش imidazolinones و sulfonyleurea في عشيرتي زهرة الشمس البرية ANN-PUR ، ANN-KAN عند المعاملة بمبيدي

chlorsulfuron ، imazethapyr . حيث أمكن تعيين 3 جينات للمقاومة هي $AHAS_1$, $AHAS_2$, $AHAS_3$ وعزلها وتحديد تتابعاتها لاستخدامها كمعلومات وراثية فى برامج تربية أصناف جديدة من زهرة الشمس مقاومة لمبيدات الحشائش (Kolkman *et al.*, 2004) .

الريب Oilseed rape

أظهرت الدراسات المبكرة على الريب أن المقاومة لمبيد الاترازين تتبع الوراثة السيتوبلازمية ، ويتحكم فيها جين فردى *psb A* (Beversdorf *et al.*, 1988) . كما تسلك المقاومة لمبيد الترايازين نفس السلوك (Marshal, 1991) .

وتسلك المقاومة لمبيد السلفوناميل يوريا والجليفوسات سلوك الصفات السائدة (Miki *et al.*, 1990 and A.C.R.E. , 1996) ، فى حين سلكت المقاومة لمبيد chlorsulfuron ، imazethapyr سلوك الصفات شبه السائدة (Swanson *et al.*, 1988) .

ويوجد جين فردى نووى سائد يحكم المقاومة لمبيد الجلوفوسينات (ACRE., 1996) ومبيد البروموكسيثيل (Cuthbert *et al.*, 2001) فى عشائر الريب الناتجة من برامج التربية .

العلاقة بين تحمل مبيدات الحشائش والمحصول
**Relationship Between Herbicide Tolerance
and Crop Yield**

تلعب المبيدات دوراً جوهرياً في عديد من الأنظمة الزراعية ، ويختار منتجي المحاصيل أنواع معينة من المبيدات لاسيما الاختيارية لمكافحة أنواع معينة من الحشائش . وتضاف هذه المبيدات قبل الزراعة خطأً بالتربة أو قبيل التكشف أو بعده . وتتميز بثبات في التربة ، مع بعض التحمل للتحلل الضوئي والتطاير .

وقد وجد في الكانولا ، أن نقص المحصول الراجع إلى تثبيط عملية التمثيل الضوئي يمكن تعويضه بتقليل المنافسة مع الحشائش . حيث وجد في الأصناف الحاملة لعوامل المقاومة لمبيد الاترازين ، أن الرش بالمبيد قد حقق ميزة في قتل الطراز البري للخردل Mustard الذي يتلقح معها خارجياً والذي يرتفع به محتوى حمض الأيروسيك ، مما يؤدي إلى انخفاض جودة الزيت الناتج (Barros and Dyer, 1988) .

ويتميز فول الصويا بمستوى مناسب من المقاومة لمبيد pendimethalin . غير أنه تحت ظروف معينة ، يكون المبيد غير كامل الاختيارية مؤدياً إلى ضرر المحصول وتقصف السيقان والذي تظهر أعراضه كما ذكر Mullison ومعاونوه (1979) في أي وقت خلال موسم النمو مؤدياً إلى نقص الكثافة النباتية وزيادة الرقاد وتدهور المحصول دون موت النباتات . غير أن الدراسات المتقدمة قد سجلت تحسناً في مستويات أداء أصناف فول

الصويا المتحملة لمبيدات الحشائش حيث كان متوسط أداء صنف فول الصويا المتحمل Asgrow A4715 أفضل من الصنف الحساس Flyer تحت تأثير المعاملة بمبيد Pendimethalin بمعدل 1.68 كجم / هكتار (Glover and Schapaugh, 2002).

ولقد لوحظ وجود علاقة بين أنظمة التعامل مع الحشائش ومدى إنتشار الحشرات التى تصيب المجموع الخضرى فى أصناف فول الصويا المقاومة للمبيدات حيث تودى أساليب التعامل التى تسمح بهروب الحشائش إلى زيادة كثافة عشائر هذه الحشرات . فى حين تبدو الأنظمة التى تسمح بالانتشار الأقل للحشائش ، مفضلة لنطاق أوراق البطاطس الذى يصيب فول الصويا ، وفى جميع الأحوال ، يتأثر المحصول سلباً .

ولقد لوحظ تحسناً فى محصول الفول البلدى فى حقول المزارعين عند مكافحة الهالوك بمبيد الجليفوسات مرتين بمعدل 27 جم / فدان ، حيث أدى إلى إنقاص الوزن الجاف للهالوك عند الحصاد بمقدار 81.8% وزيادة محصول بذور الفول بمقدار 37.3% (Nassib et al., 1990) .

كما زاد محصول أصناف الفول البلدى المتحملة لمبيد الجليفوسات ، فعند تجريب مستويات (صفر ، 36 و 54 جم / فدان) على ستة أصناف من الفول البلدى والهالوك ، وجد درويش وآخرون (2007) أن معاملة الرش الموصى بها (54 جم / فدان) قد سجلت أفضل النتائج (جدول 4 - 7) تلتها 2/3 الكمية الموصى بها (36 جم / فدان) . بينما حلت فى المرتبة الأخيرة معاملة الكنترول حيث سجلت أعلى عدد ووزن للهالوك فى القطعة وأقل القيم للمحصول البيولوجى ومحصول بذور الفول البلدى للقطعة . وقد كان الصنف المحلى قاهرة 2 والسلالة المنتخبة Hyto 24 أكثر تحملاً للمبيد وسجلا أعلى القيم للنباتات الحاملة للقرون والمحصول البيولوجى ومحصول البذور . فى حين كان الصنف

جيزة 2 هو الأكثر حساسية للمبيد مسجلاً أعلى قيم لعدد ووزن الهالك وأقل قيم للمحصول البيولوجي ومحصول البذور .

جدول (4 - 7) : تأثيرات التفاعل بين معاملات مبيد الجليفوسات والتراكيب الوراثية للفلول البلدى .

المعاملات الأصناف	أعداد الهالك / القطعة التجريبية				محصول البذور / القطعة التجريبية (كجم)			
	Control	36 a.i.g	54 a.i.g	Mean	Control	36 a.i.g	54 a.i.g	Mean
Hyfo 24	20.7	10.6	2.9	11.4	0.637	0.823	0.933	0.798
Cairo 2	21.8	7.8	1.1	10.2	0.800	0.836	0.866	0.834
Giza 429	14.5	13.5	1.6	9.9	0.614	0.668	0.793	0.692
Line 396	16.4	9.5	0.2	8.7	0.606	0.775	0.810	0.731
Giza 2	27.4	8.2	1.9	12.5	0.483	0.841	0.600	0.641
Misir 2	15.4	4.6	1.9	7.3	0.661	0.604	0.773	0.679
Mean	19.4	9.0	1.6		0.634	0.758	0.796	
LSD 0.05 for Treatment (T)	0.2				0.090			
Genotypes (G)	NS				0.100			
T x G	NS				0.172			

(عن : درويش وآخرون ، 2007) .

وقد أشارت الدراسة التجريبية التي أجريت على تسعة أصناف من الذرة الشامية السكرية ، عوملت قبل الكشف بمبيد isoxaflutole بمعدل 105 و 210 جم / هكتار فى موقعى Exeter ، Simcoe . حيث لاحظ O'Sullivan ومعاونوه (2001) عدم تأثر المحصول وارتفاع النبات فى منطقة Exeter ، فى حين لوحظ حدوث نقص معنوي فى الصنف Calico Belle مع زيادة تركيز المبيد . وأعزى ذلك إلى تأثير التفاعل بين المواقع × السنوات والذي كان معنوياً لصفات الضرر المرئى على النبات والمحصول .

وعند معاملة خمسة أصناف من القمح بعد الكشف بمبيد imazamox بمعدل 54 و 108 جم / هكتار وجد Frihauf وآخرون (2005) أن إضافة المبيد بمعدل 54 جم / هكتار كان آمناً ، في حين أدت زيادة جرعة المبيد إلى 108 جم / هكتار إلى نقص المحصول . حيث أشار تحليل الارتباط إلى حدوث ضرر للمبيد ممثلاً في نقص عدد الأفرع المنتجة ومحصول القمح ، في حين زاد عدد حبوب السنبلة .

مبيدات الحشائش الموصى باستخدامها Recommended herbicides

يوجد عديد من المبيدات المستخدمة في مقاومة الحشائش التي تنتشر في حقول المحاصيل الحقلية . وهذه المبيدات قد تكون إختيارية أو غير إختيارية وتستعمل إما قبل كشف المحصول أو بعد الكشف . وعموماً توضح الجداول (4 - 8 إلى 4 - 16) مبيدات الحشائش الموصى باستخدامها في مكافحة الحشائش في محاصيل الحقل المختلفة .

جدول (4 - 8) : مبيدات الحشائش المستخدمة في محصول القمح .

قبل كشف المحصول	بعد كشف المحصول
Metamitron	Bromoxynil
	Metasulam
	Clodinafop-propargyl
	Metribuzin
	Fenoxaprop-p-ethyl
	Sulfur
	Imazamethabenz
	Tecnazene
	Isoproturon
	Tralkoxdim

(عن : Anonymous, 2001)

جدول (4 - 9) : مبيدات الحشائش المستخدمة في محصول الأرز .

بعد بدار التقاوى	بعد الشتل	قبل بدار التقاوى
Bensulfuron-methyl Bentazon Benthiocarb Bispyribac-sodium Fenoxaprop-ethyl Thiobencarb	Anilofos Bentazon Benthiocarb Butachlor Cinmethyil Mefenact Metsulfuron-methyl Oxadiazon Thiobencarb	Oxadiazon

(عن : Anonymous, 2001)

جدول (4 - 10) : مبيدات الحشائش المستخدمة في محصول الذرة الشامية * .

بعد تكشف المحصول	قبل تكشف المحصول	خلط قبل الزراعة	بدون حرث
Alachlor	Alachlor	Alachlor	Alachlor
Ametryn	Atrazine	Atrazine	Atrazine
Atrazine	Chloramben	Butylate	Cyanazine
Bentazon	Cyanazine	EPTC ²	Glyphosate
Butylate	2,4 - D	Metolachlor	Paraquat
Cyanazine	Dicamba	Simazine	Pendimethalin
2,4 - D	Diuron		
Dicamba	Glyphosate		
Diuron	Linuron		
Linuron	Metolachlor		
Paraquat	Paraquat		
Pendimethalin	Pendimethalin		
Trifluralin	Propachlor		
Fluroxypyr	Simazine		

* اتبع الإرشادات المدونة على العبوة - بدقة .

(عن : USDA, 1980) .

جدول (4 - 11) : مبيدات الحشائش المستخدمة في محصول الذرة الرفيعة *

بدون حرث	خط	قبل تكشف المحصول	بعد تكثيف المحصول
Atrazine	Atrazine	Atrazine	Atrazine
Glyphosate	Metolachlor	Bifenox	2,4 - D
Paraquat	Propazine	Cyanazine	Dicamba
	Terbutryn	Glyphosate	Diuron
		Linuron	Glyphosate
		Metolachlor	Linuron
		Paraquat	MCPA
		Propachlor	Paraquat
		Propazine	
		Terbutryn	

* اتبع الإرشادات المدونة على العبوة - بدقة

(عن : USDA, 1980)

جدول (4 - 12) : مستحضرات الحشائش المستخدمة في الفول البلدي وبعض البقوليات صغيرة البذرة وطرق إضافتها *

المبيد	برسيم حجازي	برسيم الأسنايك أو السويدي	برسيم الأبيض	اللاينو البرسيم الأبيض	البرسيم الأحمر	البرسيم الحلو	الفول البلدي
Benfin	1	1		1	1		
Chlorpropham	3	3		3	3	3	
2,4-DB	3	3		3	3		
Diallate	1	1			1	1	
Dinoseb	3	3	3	3	3	3	
Dichlobenil	3,4			3,4			
Diuron	3				3		
EPTC	1	1	1	1	1	1	
MCPA	3	3	3		3		
Metribuzin	3						
Paraquat	4						
Pronamide	3	3	3		3	3	
Propham	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	
Simazine	3						
Terbacil	3						
Trifluralin	3,4						
Glyphosate							3
Fluazifop-p-butyl							3

1 : الإضافة خطأ بحبيبات القربة قبل الزراعة ، 2 : الإضافة قبل تكشف المحصول ، 3 : الإضافة بعد تكشف المحصول ،

4 : خاصة ، اتبع التعليمات بدقة .

• : مراعاة معدلات مبيد الحشائش ، واتباع الإرشادات المدونة على العبوة بدقة .

(عن : USDA, 1980) .

جدول (4 - 13) : مبيدات الحشائش المستخدمة في محصول فول الصويا *

بدون حرث	خلط قبل الزراعة	قبل تكشف المحصول	بعد تكشف المحصول
Alachlor	Alachlor	Alachlor	Acufluorfen
Bifenox	Bifenox	Bifenox	Barban
Glyphosate	Chloramben	Chloramben	Bentazon
Linuron	Chlorpropham	Chlorbromuron	2,4 - DB
Metolachlor	DCPA	Chlorpropham	Dinoseb
Metribuzin	Dinitramine	DCPA	Dichlofop-methyl
Oryzalin	Fluchloralin	Dinoseb	Glyphosate
Oxyfluorfen	Metolachlor	Diphenamid	Metribuzin
Paraquat	Metribuzin	Glyphosate	Oxyfluorfen
	Oryzalin	Linuron	Fluazifop-p-butyl
	Pendimethalin	Metolachlor	
	Trifluralin	Metribuzin	
	Vernolate	Naptalam	
	Butralin	Oryzalin	
		Oxyfluorfen	
		Paraquat	
		Propachlor	

* اتبع الإرشادات المدونة على العبوة - بدقة .

(عن : USDA, 1980)

جدول (4 - 14) : مبيدات الحشائش المستخدمة في محصول الفول السوداني * .

بعد تكشف المحصول	في وقت الإنشاق	عند الزراعة	خلط قبل الزراعة
Bentazon	Alachlor	Alachlor	Alachlor
Dinoseb	Dinoseb	Chloramben	Benefin
2,4 - DB	Diphenamid	Dinoseb	Metolachlor
Metolachlor		Diphenamid	Trifluralin
Fluazifop-p-butyl		Metolachlor	Vernolate
Clethodim		Naptalam	
		Trifluralin	
		Vernolate	

* اتبع الإرشادات المدونة على العبوة - بدقة.
(عن : USDA, 1980) .

جدول (4 - 15) : مبيدات الحشائش المستخدمة في محصول القطن * .

بعد تكشف المحصول	قبل تكشف المحصول	خلط قبل الزراعة	قبل الزراعة - مقاومة عامة للحشائش
Cyanazine	Bensulide	Bensulide	Glyphosate
DCPA	Cyanazine	Fluchloralin	Paraquat
Dinoseb	DCPA	Fluometuron	
Diuron	Diphenamid	Pendimethalin	
DSMA' MSMA	Dipropetryn	Prometryn	
EPTC	Diuron	Trifluralin	
Fluometuron	Fluometuron		
Glyphosate	Methazole		
Linuron	Norflurazon		
Methazole	Oryzalin		
Oils, herbicidal	Pendimethalin		
Prometryn	Perfluidone		
Trifluralin	Prometryn		
Fluazifop-p-butyl	Butralin		

* اتبع الإرشادات المدونة على العبوة - بدقة.
(عن : USDA, 1980) .

جدول (4 - 16) : مبيدات الحشائش المستخدمة في محصول بنجر السكر * .

خط قبل الزراعة	قبل تكشف المحصول	بعد تكشف المحصول
Cycloate	Endothall	Barban
Diallate	Ethofumesate	Dalapon
Ethofumesate	Nitrofen	Desmedipham
EPTC	Paraquat	Endothall
Pebulate	Propham	EPTC
Propham	Pyrazon	Ethofumesate
Pyrazon	TCA	Phenmedipham
	Metamitron	Propham
		Pyrazon
		Trifluralin

* تتبع الإرشادات المدونة على العبوة - بنقطة.
(عن : 1980, USDA) .

ميكانيكية ضرر المبيد للحشائش

وعوامل الحماية للمحصول

Damage mechanism of herbicide in weeds and herbicidal antidotes (Safeners) of crop

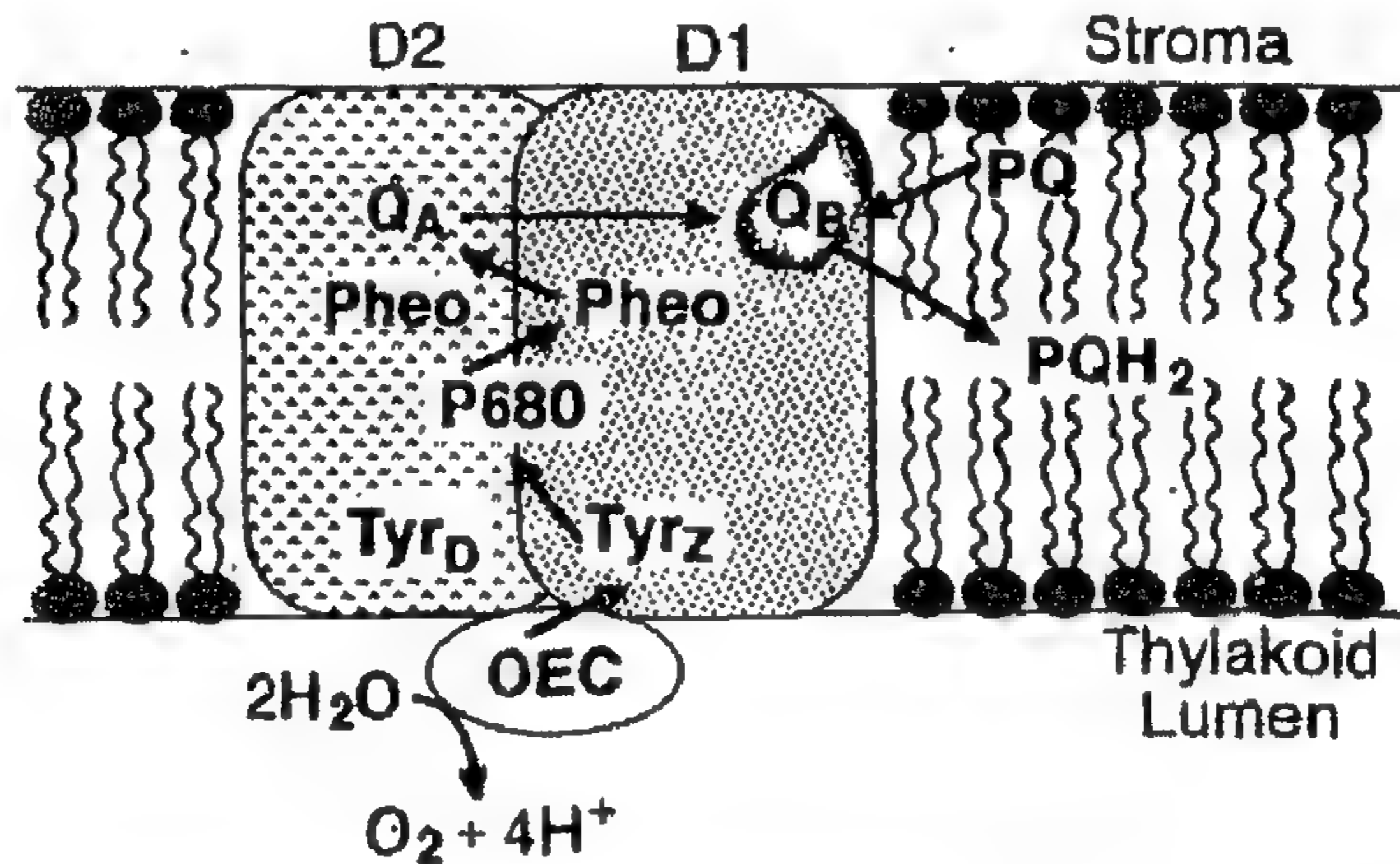
تعتمد كثير من مجموعات مبيدات الحشائش فى طريقة فعلها على تثبيط نظام التمثيل الضوئى ، فتسبب مجموعة مركبات Triazines إيقاف عملية البناء الضوئى عن طريق تثبيط عملية التحلل الضوئى للماء ، فى حين تسبب مجموعة مركبات Substituted Ureas إيقاف عملية النقل الالكترونى التى يترتب عليها عدم تكوين مركبات للطاقة ATP و NADPH . أما مجموعة مركبات Uracils فتعمل على إيقاف تفاعلات الضوء . وتؤدى مجموعة مركبات Benzothiadiazoles إلى عدم تثبيت ثانى أكسيد الكربون وتثبيط عملية النقل الالكترونى فى نظام التمثيل الضوئى الثانى PSII .

ويعتبر مبيد pendimethalin من المبيدات التى تتفاعل بإحداث خلل فى تفاعل الانقسام الميتوسى ، وخلل فى جهاز الميتوكوندريا ، وتوقف نمو الجذور وتضخم أطراف الجذور والسويقة الجنينية .

وتعتمد ميكانيكية مكافحة الحشائش على الامتصاص ومعدل الانتقال العالى للمبيد وتثبيط تخليق إنزيم (ALS) Acetolactate synthase . وهو الإنزيم المسئول عن التخليق الحيوى لسلسلة الأحماض الأمينية فى النبات .

ويوضح شكل (4 - 1) اثنان من بروتينات الغشاء السليمة D_1 , D_2 من مركز التفاعل ، مسئولة عن إنتقال الالكترون . وهذه تتضمن مركز تفاعل جزئ كلوروفيل P 680 وهو جزئ خاص ، وتشمل أيضاً على الـ Pheophytin وهو مستقبل الكترون رئيسى ، والحديد غير الصبغى

Nonheme iron والبلاستوكوينون Q_A ، Q_B والتي تعمل كمستقبلات ثانوية للإلكترون ، حيث يرتبط Q_A بالكامل مع بروتين D_2 . بينما يعتبر Q_B بلاستوكوينون قابل للاستبدال يقع على موضع ارتباطي على بروتين D_1 . وتتنافس المبيدات على مواقع الارتباط الموجود على أغشية الثيلاكويد . ويؤدي ذلك إلى إيقاف انتقال الإلكترون على جانب الاختزال في نظام التمثيل الضوئي الثاني PS II وتثبيط تدفق الإلكترون من Q_A إلى Q_B . فقد لوحظ انخفاض كفاءة تثبيت ثاني أكسيد الكربون بنسبة 20 % في حشيشة القريص (المريير) نتيجة التغير في معدل انتقال الإلكترون وبطء حركته من بلاستوكوينون Q_A إلى Q_B مؤدياً إلى حالة من الثبات لتزكيز Q_A .



شكل (4 - 1) : تخطيط مبسط لنظام التمثيل الضوئي الثاني .

تشير الأسهم إلى اتجاه تدفق الإلكترون .

OEC : معقد إطلاق الأكسجين

Tyrz : التيروسين 161 المتبقى والذي يتفاعل كمعطى للإلكترون إلى كلوروفيل P680 .

P680 : مركز تفاعل جزئي الكلوروفيل

pheophytin : Pheo

Q_A : البلاستوكوينون المرتبط ببروتين D_2

Q_B : البلاستوكوينون القابل للتبادل المرتبط ببروتين D_1

P_Q : البلاستوكوينون

PQH_2 : البلاستوهيدروكوينون (عن : Havaux, 1989) .

وتتباين أصناف وهجن المحاصيل في القدرة على تحمل ضرر مبيدات الحشائش ، كما تختلف في القدرة على هدم سمية المبيدات بفعل الأنظمة الدفاعية في النبات .

وعموماً ترجع مقاومة سلالات المحاصيل للمبيدات إلى العوامل الآتية :

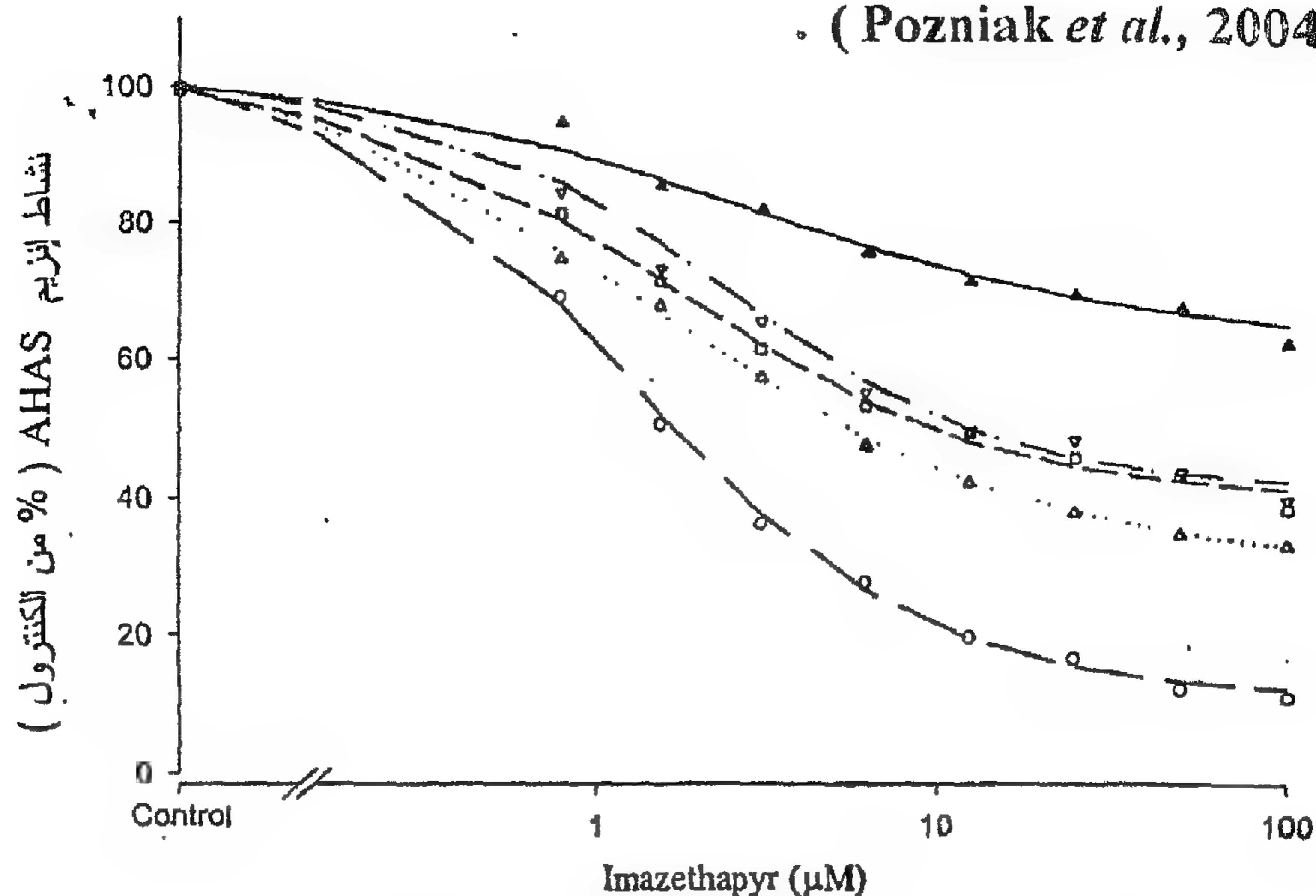
- 1- إنخفاض مستوى إمتصاص وانتقال المبيد عبر الجذر الخارجية .
- 2- سرعة إفراز المبيد خارج أنسجة النبات بوسائل الإخراج المختلفة .
- 3- هدم سمية المبيد عن طريق تفاعلات التمثيل المختلفة مثل التحلل المائي والأكسدة والارتباط .
- 4- وجود أنظمة حماية تشمل النشاط الإنزيمى ومضادات الأكسدة تؤدي إلى تكسير المبيد أو تحويله إلى أشكال أقل سمية أو غير سامة لنبات المحصول .

5- حدوث طفرات في بروتينات معينة تقلل من ارتباط المبيد بها .
وقد أمكن بالمطفرات وطرق الانتخاب والمعلومات الوراثية إكتشاف عدد من جينات *ALS* التى تمنح محاصيل القمح والذرة الشامية والريب وزهرة الشمس صفة التحمل للمبيدات .

وفى هذا المجال ، فقد تميز هجين الذرة الشامية Cargill 2127 المتحمل لمبيد rimsulfuron بالامتصاص والانتقال المنخفض للمبيد وهدم سميته ونقص حساسية إنزيم *ALS* ، ومن ثم أقل ضرر بالمبيد . فى حين أدى الامتصاص والانتقال السريع للمبيد فى الهجين الحساس Pioneer 3897 إلى ضرر ملحوظ عند درجات الحرارة العالية تحت الظروف الحقلية (Fuentes and Leroux, 2003) . كما أعزيت مقاومة أربع سلالات من القمح لمبيد imazethapyr إلى نقص حساسية إنزيم Acetohydroxyacid synthase

(AHAS) لتأثير المبيد عن الصنف الحساس CDC Teal (شكل 4 - 2)

(Pozniak *et al.*, 2004) .



شكل (2-4) : تثبيط نشاط إنزيم AHAS في سلالات القمح المقاومة Teal IMI 10A (□) ، Teal IMI 11A (Δ) ، Teal IMI 15A (▲) ، BW 755 (∇) والسلالة الحساسة CDC Teal (O) لمبيد imazethapyr (عن : Pozniak *et al.*, 2004) .

ويعتبر استخدام المواد المضادة لفعل مبيدات الحشائش Herbicidal antidotes (Safeners) إتجاه جديد ومساحة بحثية هامة ، وهي مواد مضادة لفعل مبيدات الحشائش ، توفر للعديد من المحاصيل الزراعية لاسيما ذوات الفلقة الواحدة درجة من الحماية من الأضرار التي يمكن أن تحدثها مبيدات الحشائش المستعملة . فتعمل مادة N, N-diallyl-2,2-dichloroacetamide على حماية نباتات الذرة من التأثيرات الضارة لمبيد chlorsulfuron فتعمل على زيادة معدلات تمثيل وهدم هذا المبيد في نبات المحصول بحث نشاط إنزيمات الجلوتاثيون ، مما يؤدي إلى سرعة تحطمه وحماية النبات ، في حين لا تتأثر

عملية تمثيل المبيد في نباتات الحشائش عريضة الأوراق الحساسة له . كما تعمل هذه الحاميات على زيادة فعالية إنزيم (ALS) Acetolactase synthase في نباتات الذرة مما يؤدي إلى عدم تأثر نباتات الذرة بفعل المبيد .

كما تفيد المركبات الحامية كأداة هامة في تحديد الجينات المشفرة لإنزيمات أيض المبيدات العشبية مثل (GST_s) والبروتينات المرتبطة بمقاومة المبيدات .

ولقد وجد Deng وآخرون (2003) في أمريكا أن جين $O_3GST III$ المشفر لإنزيم Glutathion-s-transferase يلعب دوراً هاماً في هدم سمية مبيد pretilachlor وأيضا المركبات الفينولية في معلق خلايا الأرز والكالوس ، حيث أمكن حث نشاط هذا الإنزيم بواسطة Safener fenclorim . ولقد أوضح Matola ومساعدوه في المجر (2003) أن استخدام مركب الـ Herbicide safener MG-191 ومشابهاته من acetal , ketal وأحادى وثنائى كلوروأسييتاميدس تمتلك قدرة على إزالة سمية مبيد acetochlor وتحسين مستوى مشابهات إنزيم GST ، ومن ثم مقاومة مبيدات الحشائش في الذرة الشامية .

جهود التربية لتحمل مبيدات الحشائش

Breeding Efforts for Herbicide Tolerance

لقد بذلت جهود كثيرة في مجال تحسين تحمل الأصناف لمبيدات الحشائش سواء بطرق التربية التقليدية أو بأساليب التقنية الحيوية يمكن التعرض إليها على النحو التالي :

التهجين Hybridization

يعتبر التهجين الجنسي بين الأنواع المتوافقة من المحاصيل الحقلية من الطرق الفعالة التي تؤدي إلى نقل عوامل المقاومة للمبيدات .

ولما كانت وراثة المقاومة للمبيدات يتحكم فيها جينات نووية وكذا جينات الكلوروبلاست وتورث من خلال سيتوبلازم الأم ، لذا يعتبر التهجين مهماً في تحريك هذه الجينات من الطرز الحاملة لها إلى الأصناف المنزرعة .

والمثال على ذلك ، ما حدث في الريب ، حيث أمكن بالتهجين الجنسي إنتاج أول صنف مقاوم للاترازين عام (1986) من خلال الكلوروبلاست المشفر لطفرة جين *psbA* والتي تتبع الوراثة السيتوبلازمية ، وأمكن نقل كلوروبلاستات *Brassica campestris* إلى *Brassica napus* بالتهجين الرجعي باستخدام النباتات المقاومة كام مع *B.napus* . وبعد ثماني أجيال كان الجينوم النووي متماثل وراثياً .

كما أمكن إنتاج هجن جنسية Hybrid وجسمية Cybrid تحمل الكلوروبلاست المشفرة لمقاومة مبيد الاترازين من الأجناس والأنواع القريبة إلى الريب .

ولقد أمكن بالتهجين المصحوب بالانتخاب المنسب إنتاج صنف قمح الخبز Protection بمحطة بحوث كلورادو للزراعة في أغسطس 2004 على أساس تحمله لمبيد imazamox ، تميز بالمحصول العالي وصفات جودة الخبز ووجود السفا والتبكير في النضج ، وكذلك صنف القمح Infinity CL المقاوم لمبيد imadazoline المرتفع في محصوله ، متوسط التبكير في النضج متوسط الطول ومتوسط المقاومة لأمراض الأصداء (Haley et al., 2006a and b).

الطفرات Mutations

تعتبر التربية بالمطفرات وسيلة هامة لاستحداث تراكيب وراثية مقاومة لمبيدات الحشائش . ويتطلب الأمر استخدام مطفرات قوية تتفاعل مع الجينوم وتحدث طفرات عشوائية في عديد من الجينات وتغير من مسارات الأيض الطبيعية في النبات . ويجرى إنتخاب النباتات الحاملة للصفات المرغوبة من العشائر الناتجة ، وتُكثر الطرز المظهرية الطبيعية والتي تحمل الصفة المطلوبة. ولقد عُرف أن صفة المقاومة لمبيد الترايازين triazine تورث من خلال نا. البلاستيدي وهي موجودة في أكثر من 40 نوع من الحشائش وأوضح Erickson ومعاونوه (1984) أن المقاومة لمبيد triazine في الأجناس Poa Chenopodium , Brassica , Solanum , Amaranthus , تنتج كطفرة من إحلال السيرين 264 بالجليسين أو الالنين .

وقد أمكن بمحطة بحوث كلورادو وتكساس بأمريكا في سبتمبر 2001 ، إنتاج صنف قمح الخبز Above , Ap 502 CL بالتهجين المتبوع بالانتخاب المنسب والمعاملة بالمطفر صوديوم آزيد . وقد تميز الصنفان بالمقاومة لمبيد imidazolinone وتحمل الجفاف (Haley et al., 2003 and Lazer et al., 2003) .

وفى البرازيل ، ومن خلال برنامج تربية بالمطفرات بدء عام 1999
أمكن بالمعاملة بأشعة جاما + الايثيل ميثيل سلفونات إنتاج طفرة الأرز
IAC103 ، تميزت بالمقاومة لمبيد glufosinate وخضعت نباتات الطفرة
للمعاملة بالمبيد ، وأجرى عليها تحليل الـ RAPD لتعليم الجينات المتحكمة فى
المقاومة (Sandhu *et al.*, 2002) .

كما أمكن فى الأرز ، إنتاج أربع سلالات طفرية بجين *ALS* مقاومة
لمبيد imazethapyr ، وأظهرت الدراسات السيتولوجية تميز السلالات الجديدة
Leu 662-Pro ، Lys 416-Glu ، Ser186-Pro بالمقاومة للمبيد
(Rajguru *et al.*, 2005) .

كما أمكن عزل طفرتين من الشعير تتحمل مبيد الاترازين من تجارب
الانتخاب على أساس خصائص كلوروبلاست النباتات الطافرة (Rios *et al.*,
2003) .

وأمكن فى استراليا ، انتخاب سلالة من صنف البرسيم الحجازى
Herald التابع لـ *Medicago littoralis* تتميز بالمقاومة العالية لعدد من
مبيدات السلفوناميل يوريا مثل chlorsulfuron , triasuron عقب معاملة البذور
بمطفر الإيثيل ميثيل سلفونات EMS . وقد أظهرت السلالة FEH-1 ثبات
لمقاومة المبيد عن الصنف Herald فى وجود متبقيات تلك المبيدات فى التربة
(Howie *et al.*, 2002) .

دور التقنية الحيوية في التربية لتحمل مبيدات الحشائش

Role of biotechnology in breeding for herbicide tolerance

يعتبر إنتاج سلالات وأصناف من المحاصيل المعدلة وراثياً المقاومة / أو المتحملة لمبيدات الحشائش أداة هامة في تطوير وتدعيم أنظمة الزراعة الحديثة. فقد إزداد إستخدام المحاصيل المعدلة وراثياً بصورة ملحوظة خلال السنوات الأخيرة .

فيزرع على مستوى العالم في الوقت الراهن أكثر من 52 مليون هكتار بمحاصيل معدلة وراثياً ، تمثل المساحة المنزرعة منها بأصناف مقاومة لمبيدات الحشائش حوالي 41 مليون هكتار ، منها 33:3 مليون هكتار تزرع بأصناف فول الصويا المقاومة لمبيدات الحشائش .

وقد إزدادت نسبة المساحة المنزرعة في عام 2001 من محاصيل الذرة الشامية والكانولا والقطبن وفول الصويا لتمثل حوالي 77 % من مساحة المحاصيل المعدلة وراثياً . ومن المتوقع في المستقبل القريب زراعة أصناف جديدة معدلة وراثياً تقاوم مبيدات الحشائش من محاصيل بنجر السكر والقمح و14 محصول آخر .

وتوجد بعض المحاذير المتعلقة بإنتاج المحاصيل المعدلة وراثياً المقاومة لمبيدات الحشائش ، تتضمن مشاكل تلوث الحبوب والانعزال وتسرب وانتقال المورثات الجينية المسؤولة عن المقاومة للمبيد ، إلى جانب مشاكل الجودة التسويقية ودرجة قبول المستهلك لذلك المنتج ، مع الأخذ في الاعتبار التطور الذي يحدث في عشائر الحشائش بما يجعلها تقاوم فعل المبيدات المستعملة مع الاهتمام بظروف البيئة .

وعموماً ، فإن إنتاج أصناف من المحاصيل الحقلية معدلة وراثياً مقاومة لمبيدات الحشائش يعتبر من الاتجاهات البحثية الحديثة على الساحة الزراعية . ويؤخذ في الاعتبار أن تكون صفة التحمل للمبيد إختيارية ، بأن يقضى المبيد على الحشائش الضارة وفي نفس الوقت لا يضر بالبيئة والمحصول المنزوع والا تكون له تأثيرات على الإنسان والحيوان . وهذه الصفة يمكن تحقيقها بالهندسة الكيميائية بتصميم مبيدات تتفاعل مع أهداف معينة في نبات الحشيشة وليس لها تأثير مضاد على فسيولوجي الثدييات وعملية التمثيل الغذائي والتخليق الحيوي للأحماض الأمينية والمركبات الحيوية الأخرى .

أولاً : معلومات دنا DNA - markers

تفيد المعلومات الجزيئية في تعيين جينات المقاومة لمبيدات الحشائش في جيرمنبلاتزم المحاصيل وتعمل كمساعدات للانتخاب في برامج إستنباط سلالات جديدة من المحاصيل الحقلية مقاومة لمبيدات الحشائش .

1- تقنية الـ RAPD-PCR

أمكن بتحليل الـ RAPD-PCR تعيين التباين الوراثي بين سلالات الفلاريس الحساسة والمقاومة لمبيد isoproturon (Dhawan *et al.*, 2005) واستخدمت تقنيتهما الـ PCR , SDS في التعرف على تراكيب الفلاريس الوراثية المقاومة لمبيد الحشائش isoproturon (Tripath, *et al.*, 2005) . كما أفاد تكنيك الـ RAPD في تعيين حزم معينة في أصناف الأرز المقاومة والحساسة لمبيد glufosinate وأمكن تعليم جينات المقاومة في طفرة الأرز المستتبطة IAC 103 بأشعة جاما والايثيل ميثيل سلفونات (Sandhu *et al.*, 2002) .

ولقد ساعدت تقنية الـ PCR وتحليل Western blot في غربلة سلالات الأرز المعدلة وراثياً بالجينات البشرية CYP₂ B6 و CYP1A1 و CYP₂C19 لمقاومة مبيدات الحشائش mefenacet ، metolachlor ، norflurazon (Kawahigashi *et al.*, 2005) .

كما أفادت تقنية الـ PCR كتكنيك حساس ومتخصص ودقيق في إكتشاف إحتواء جميع النباتات المعدلة وراثياً من فول الصويا والذرة الشامية والقطن والكانولا على جينات مضادة لمبيدات الأعشاب Anti-horibicide genes (Xu *et al.*, 2005) .

2- تقنية الـ RFLP

لقد أفادت تقنيتا الـ RFLP , PCR في تأكيد إنتقال جين *NiR* من صنف الأرز Konansou باستخدام تقنية نقل الجين بالأجروبكتريم كوسيط إنتقال إلى صنف الأرز Koshihikari وإنتاج نباتات مهندسة وراثياً من الكالوس المحتوى على نشاط إنزيم (GUS) beta-glucuronidase (Ozawa and Kawahigashi, 2006) .

3- معلمات التتابعات المتكررة البسيطة SSR

لقد ساعدت معلمات التتابعات المتكررة البسيطة في تحديد طفرات الأرز الأحمر الحاملة لجين المقاومة *ALS* لمبيد الحشائش imazethapyr وتأكيد إنتقال الجين من الأصول الوراثية الحاملة له إلى سلالات الأرز الجديدة (Rajguru *et al.*, 2005) .

ثانياً : زراعة الأنسجة Tissue culture

1- مزارع معلق الخلايا Cell suspension cultures

تفيد المزارع المعلقة في برامج الانتخاب لمقاومة مبيدات الحشائش ، وإنتاج تباينات جسدية مقاومة من المحاصيل الحقلية . فعند تنمية خلايا جذور بادرات أصناف فول الصويا على بيئة تحتوى على 2 مجم / لتر من مبيد imazethapyr ، أمكن إنتخاب سلالات خلايا عالية المقاومة إستطاعت تكوين بذرة . حيث لاحظ Taregyan وآخرون (2001) تأثير تثبيطى للمبيد على بادرات التباينات الجسدية فى مزارع الأنسجة . ولم يتضح أى اختلاف فى نشاط جين *ALS* بين الأصناف فى التباينات الجسدية الناتجة . كما ساعد الانتخاب على مستوى القوارير *In vitro* فى الحصول على سلالات من الدخان مقاومة لمبيدات picloram و sulfonyleurea و atrazine من مزارع الكالوس (عن : Bozorgipour and Snape, 1997) .

2- زراعة الأجنة Embryo culture

أفاد إستخدام تكتيك مزارع الأنسجة كأداة فى إنتاج تراكيب وراثية من القمح متحملة للمبيدات من التباينات الجسدية الناتجة . حيث تم حث تكشف الكالوس من الأجنة غير الناضجة لأصناف معروفة وراثياً هى Chinese Spring المتحمل و Sicco الحساس لمبيد difenzoquat . وأجرى تجزئ للكالوس على بيئة منتخبة تحتوى على 5 ، 10 و 50 ميكرومول من مبيد difenzoquat ، atrazine . حيث أمكن الحصول على نباتات متجددة من جميع البيئات المنتخبة ، عدا البيئة المحتوية على أعلى تركيز للمبيد (50 μ m) ، كما أختبرت أنسال النباتات المتجددة على مستوى النبات الكامل حيث لوحظ تباين فى

الاستجابة لمبيد difenzoquat من قابل للإصابة إلى متحمل . ولم يمكن الحصول على نباتات من القمح مقاومة للآترارين (Bozorgipour and Snape , 1997).

كما ساعد تكتيك زراعة الأنسجة باستخدام الأوروبكتريم كوسيط انتقال في صنف الأرز Koshihikari في الحصول على نباتات أرز معدلة وراثياً بجين *NiR* من الصنف Konansou ، تميزت بنشاط عالي لإنزيم beta-glucuronidase (GUS) . وقد ساعد في ذلك تقنيتي PCR , RFLP (Ozawa et al., 2006) .

3- زراعة المتوك Anther culture

نجح Haley ومعاونوه بمحطة بحوث كلورادو بأمريكا في أغسطس 2004 في إنتاج صنف قمح الخبز (Bond CL) ثلثاً أحادي Doupd haploid بزراعة متوك الهجين Yumar // TXGH 12588-120* 4/FS₂ والمضاعفة الكيماوية بالكولشيسين للسلاسل المنتجة . حيث تميز هذا الصنف بالمقاومة لمبيد الحشائش imazamox وحشرة من القمح الروسي وتحمل الجفاف وصفات جودة الخبز والتبكير في النضج والطول المتوسط والمحصول المرتفع نسبياً (عن : Haley et al., 2006b) .

كما ساعد تكتيك زراعة المتوك الحاملة لشفرة جين الـ *pat* المقاوم لمبيدات الحشائش في إنتاج سلاسل ثنائيات أحادية من الذرة الشامية . وقد أظهر تحليل التتابعات المتكررة البسيطة (SSR) تكامل نظام جين الـ *pat* في السلاسل أنتاجية فيما يتعلق بالمقاومة للمبيد (Aulinger et al., 2003) .

ثالثاً : تقنية نقل الجين

Gene transfer technology

1- تقنية قذف الجين

Partical bombardment technology

يستخدم قاذف الجينات في إحداث تحولات وراثية بجينات المقاومة لمبيدات الحشائش (شكل 4 - 3) ، ولقد أفادت تقنية قذف جين البار *bar* في الأجنة غير الناضجة للقمح في الحصول على 6 سلالات معدلة وراثياً هي 106-3a ، 116 ، 117 ، 124 ، 128 ، 129 مقاومة لمبيد *bialaphos* (Pauk et al., 2000) . وفي إنتاج نباتات معدلة وراثياً من القمح في الأرجنتين ، سميت بالصنف التجارى Oasis من خلال الحقن الدقيق للجين بكالوس الأجنة غير الناضجة باستعمال بلازميد PAHC₂₅ المحتوى على جين مستقبل (*GUS*) وجين *bar* الاختبارى المانح لمقاومة مبيد Basta . وأفادت تقنيتى الـ PCR و Southern blot في وصف وتعريف التركيب الوراثى الجديد (Melchiorre et al., 2002) .

كما أمكن بتقنية قذف الجين ، نقل جين المقاومة (*PPO* , *Protox*) Protoporphyrinogen oxidase من بكتريا الباسيلس *Bacillus* إلى الكلوروبلاست أو السيتوبلازم ولوحظ تعبير جين المقاومة للمبيد في نباتات الأرز والذرة الشامية الناتجة (Li and Nicholl, 2005) .



شكل (4 - 3) : قاذف الجينات المستخدم في إدخال دنا إلى الخلايا النباتية المستهدفة

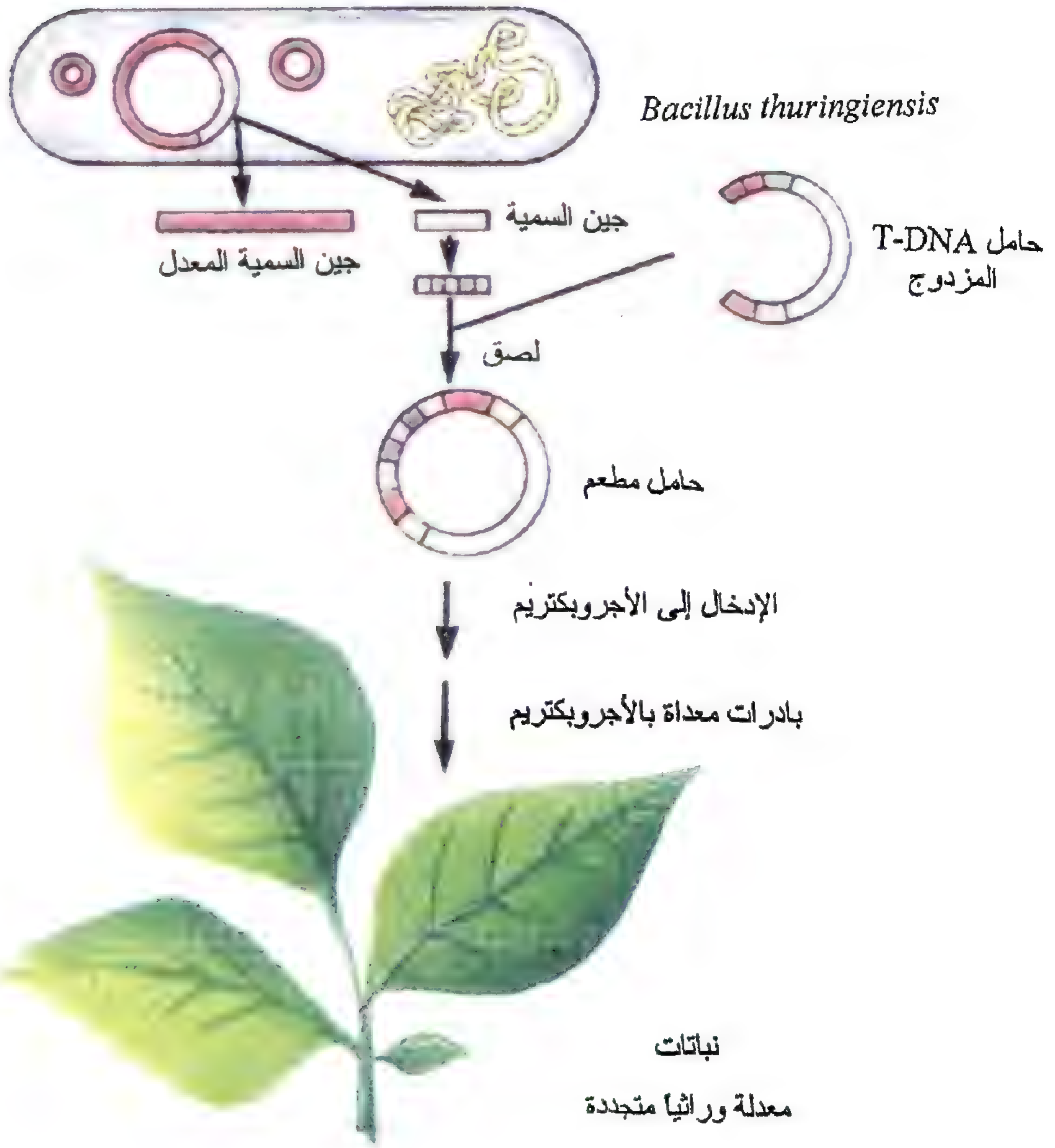
2- استخدام الأجروبكتريم *Agrobacterium*

تستخدم الأجروبكتريم في عمليات التحول الوراثي وإنتاج نباتات معدلة وراثياً مقاومة لمبيدات الحشائش (شكل 4 - 4) .

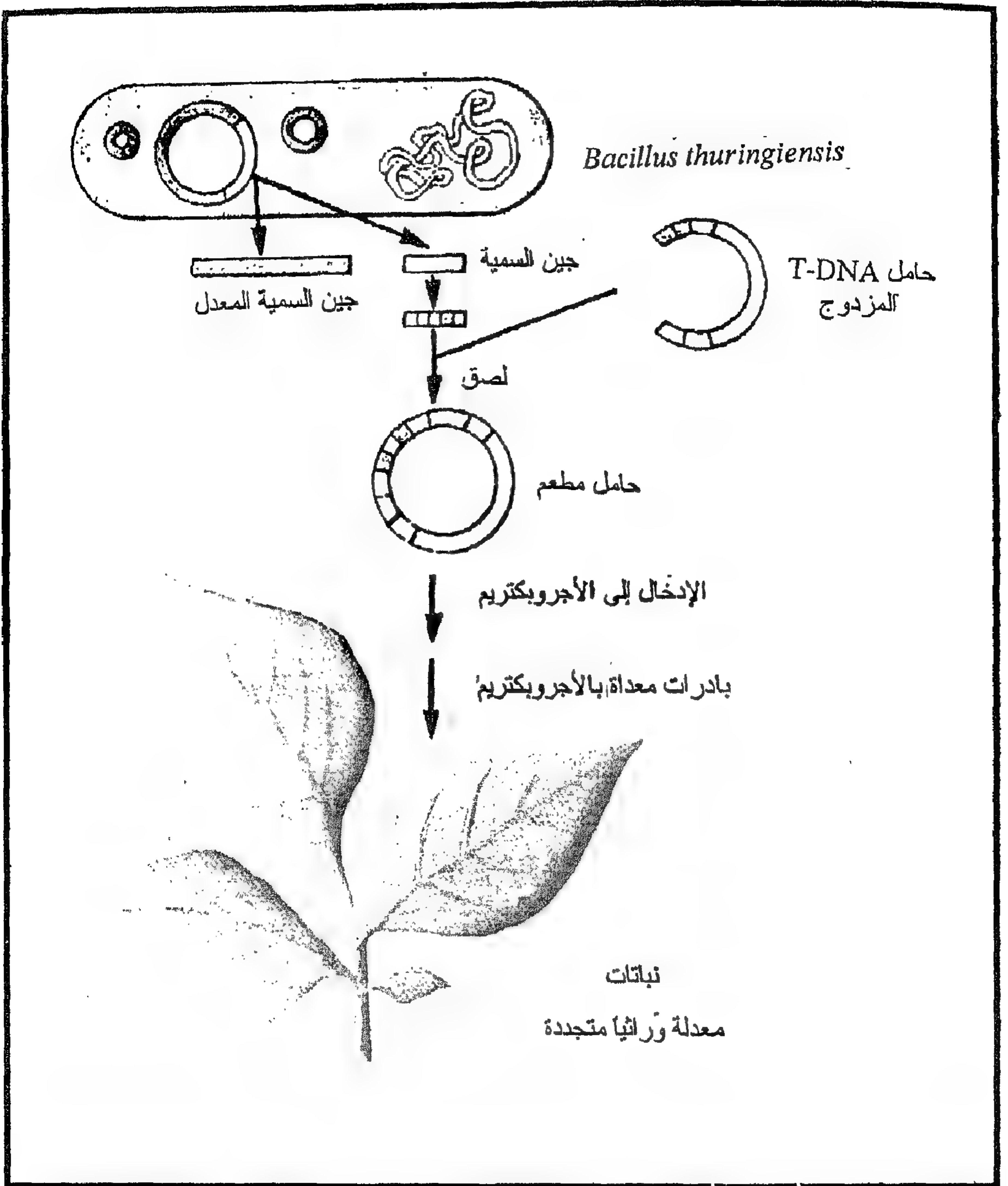
وقد أفاد استخدام الأجروبكتريم كوسيط إنتقال في إنتاج نباتات قمح معدلة وراثياً بجيني GS_1 , GS_2 من البسلة مقاومة لمبيد phosphinothricin من الأجنة غير الناضجة . وأمكن إثبات هذا الانتقال بتقنية الـ PCR . وقد إتضح أن المقاومة مسئول عنها التعبير الفعال لإنزيم تخليق الجلوتامين (*Huang et al., 2005*) .

كما استخدمت الأجروبكتريم وقذف جين البار *bar gene* في أصناف قمح الخبز CPAN 1676 , PBW 343 وقمح الأيمر ثنائي الحبة DDK100، في الحصول على تحولات وراثية بنسبة 4 % بتقنية قذف الجين ، وبنسبة 7.5 % باستخدام الأجروبكتريم ، كانت مقاومة لمبيد phosphinothricin (*Archana and Paranjit, 2003*) .

وفي الأرز ، أفادت الأجروبكتريم كوسيط إنتقال في إحداث تحول وراثي بجين Plastidic protoporphyrinogen IX oxidase المسمى بجين (*Protox*) من الأرابيدوبسيس إلى جينوم الأرز . وقد أظهرت سلالات الجيل الأول المعدل وراثياً (T_1) مقاومة لمبيد oxyfluorfen (*Ha et al., 2004*). وكذا إنتاج سلالات الأرز المعدلة وراثياً H_3 , H_4 , H_5 , H_6 , H_9 بجين الـ *Protox* البشرية ، تحسنت فيها مستويات المقاومة لمبيد oxyfluorfen وتؤكد إنتقاله إلى نباتات الأرز . وأظهرت السلالة H_9 قدرة عالية على الإنبات في وجو 20 ميكرومول من المبيد (*Lee et al., 2004b*) . وفي إدخال جين المقاومة من *atz A* من *Arthrobacter sp* إلى الأجنة الناضجة لصنف



شكل (4 - 4) : استخدام الأروبكتريم في نقل جين المقاومة لمبيدات الحشائش إلى خلايا الأصناف الحساسة .



شكل (4 - 4) : استخدام الأجيروبيكتريم في نقل جين المقاومة لمبيدات الحشرات إلى خلايا الأصناف الحساسة .

الأرز الياباني Jindao 107 بالأجروبكتريم ، وحدث تعبير للمقاومة في السلالات المعدلة وراثياً الناتجة (Wang et al., 2005) .

وفى الذرة الشامية ، ساعد إستخدام الأجروبكتريم فى إحداث تحولات وراثية بجين Plant Protoporphyrinogen oxidase المسمى (PPO) من الأرابيدوبسيس ، وإنتاج سلالات معدلة وراثياً عالية التحمل لمبيد butafenacil تحت الظروف الحقلية (Li et al., 2003) .

وتحت الظروف المصرية تمكن النجار وآخرون (1998) من نقل جين المقاومة لمبيد sulfonylurea داخل المعمل إلى صنفى الكتان المصرى جيزة 7 وجيزة 8 وصنف نوران الكندى باستخدام الأجروبكتريم . وحُمل على البلازميد جين *ALS* (المسئول عن إعطاء النباتات صفة المقاومة للمبيد) بالبادئ الأصيل له وجين *NPT II* المسئول عن صفة المقاومة للكاناميسين كمعلم إنتخابى . وأظهرت النتائج أن حوالى 75-79% من السويقات الجنينية السفلى التى أحدثت لها العدوى كونت سيقان تحت الظروف الانتخابية . وانتقل كل من جينى *ALS* , *NPT II* إلى جينوم الكتان كوحدة واحدة فى التراكيب الوراثية المعدلة الناتجة . وقد أمكن إستيلاء نباتات كاملة وصلت إلى مرحلة للنضج .

وفى الريب ، أمكن تطوير سلالات معدلة وراثياً تحمل الجين *tfdA* المسئول عن المقاومة لمبيد 2.4-D زرعت فى بيئة تحتوى على المبيد بتركيز ع.الى بلغ 2.5 مجم / لتر . وتحت الظروف الحقلية رشّت السلالات بتركيزات تراوحت من 10 إلى 1000 مجم / لتر ، وأمكن عزل 4 سلالات معدلة وراثياً مقاومة للمبيد حتى تركيز 500 مجم / لتر . أمكن التوصية بزراعتها لمقاومة حشائش البقول المتطفلة وتحت أنظمة الزراعة الأقل خدمة (Bisht et al., 2004)

الاتجاهات البحثية لتحمل مبيدات الحشائش فى الريب

Research approaches of herbicide tolerance in oilseed rape

لما كانت المحاصيل التابعة للعائلة الصليبية تمتلك ميكانيكيات فريدة لتحمل مبيدات الحشائش ، لذا كان لمحصول الريب السبق فى جهود التربية الرامية إلى إنتاج أصناف متحملة لمبيدات الحشائش .

ويعتبر محصول الريب أحد مصادر الزيت الهامة فى الصناعة والتغذية، كما يعتبر مفيداً من الناحية الزراعية كمحصول قلب Break crop فى دورات الحبوب . غير أن هذا المحصول يعانى من مشكلة منافسة الحشائش عريضة الأوراق والتي تساعد على إنتشار الأمراض والحشرات ، الأمر الذى يؤدي إلى نقص كمية وجودة المحصول والتأثير على كفاءة عملية الحصاد . لذا تركزت جهود العلماء فى تطوير أصناف من الريب مقاومة لمبيدات الحشائش من خلال طرق التربية التقليدية أو بأساليب الهندسة الوراثية .

ويعتمد الانتخاب لصفات تحمل مبيدات الحشائش فى الريب على الظروف الزراعية والبيئية Agro-environment conditions وطبيعة الصفة ونظام إدارة وإستراتيجية التعامل مع هذه المشكلة . ولقد أشارت تجارب التقييم الأولية إلى أن متوسط سلوك أصناف الريب المتحملة للمبيد Herbicide (HT) tolerance كان طبيعياً . كما كانت الأصناف المعدلة وراثياً المتحملة لمبيدات الحشائش مشابهة للأصناف التقليدية وساعد ذلك فى التعامل معها من الناحية الزراعية .

ومنذ الحرب العالمية الثانية ، إنتشر إستخدام المبيدات الكيماوية سواء الإختيارية أو غير الإختيارية بكثافة فى أنظمة الزراعة .

وخلال العقود الماضية ، بذلت مجهودات كبيرة لتربية أصناف من الريب تتحمل مبيدات الحشائش ، كما هو موضح بجدول (4 - 17) ، تزرع الآن في آلاف الهكتارات على مستوى العالم .

وتشير تحليلات الوراثة الجزيئية ، إلى وجود سيادة للجينومات في أنظمة تعبير حمض رنا الريبوسومي rRNAs في الهجن الناتجة بين أنواع الصليبيات ، وتحمل مبيدات الحشائش .

جدول (4 - 17) : بعض الطرق المستخدمة في إنتاج تراكيب وراثية من الريب متحملة لمبيدات الحشائش.

المبيد	الطريقة المستخدمة	التوريث
Atrazine	Spontaneous	Chloroplastic
Bromoxynil	Transgenic	Single dominant nuclear allele
Chlorsulfuron	Microspore culture selection	Single semi-dominant nuclear allele
Chlorsulfuron	Seed mutagenesis	Not known
	Microspore culture	Not known
Glyphosate	Transgenic	Dominant
Glufosinate	Transgenic	Single dominant nuclear allele
Oxynil	Transgenic	Single dominant nuclear allele
Imazethapyr	Microspore mutagenesis	Semi-dominant
Sulfonylurea	Transgenic	Dominant?
Triazine	Protoplast fusion	Cytoplasmic

(عن : Senior and Bavage, 2003) .

وفي عام 2001 أمكن زراعة أصناف الريب المحورة وراثياً المنخفضة في محتوى حمض الأيروسيك Erucic والجلوكوسينولات Glucosinolate والتي عرفت في كندا باسم الكانولا ، زرعت في مساحة 2.7 مليون هكتار ،

وتمثل هذه 5 % من المساحة العالمية المنزرعة بالمحاصيل المحورة وراثياً (James, 2001) . ففي كندا ، صاحب استخدام أصناف الريب المحتملة للمبيدات زيادة المساحة المنزرعة منه بحوالى 4 % من المساحة المحصولية عام 1996 وإلى 55% عام 2000 (Canola Council of Canada, 2001) . وفى غرب كندا ، بلغت النسبة المئوية للزيادة فى المحصول الكلى من زراعة الأصناف المعدلة وراثياً المقاومة لمبيد الـ glyphosate 40 % و imidazolinone 20 % و Glufosinate 15 % و bromoxynil 1 % (Beckie et al., 2001) .

و حالياً وفى المملكة المتحدة ، يوجد إتجاه لزراعة أصناف الريب المحورة وراثياً وأجريت تجارب تقييم لتحديد أماكن زراعتها على النطاق التجارى .

تحمل مبيد الاترازين Atrazine tolerance

فى كندا ، أمكن فى أواخر السبعينيات الحصول على تراكيب وراثية من الكانولا متحملة لمتبقيات مبيد الاترازين المتخلف فى الأرض من مكافحة حشائش الذرة الشامية . وظهر أول تقرير فى عام 1981 عن إنتاج صنف كانولا متحمل للاترازين هو (OAO Triton) عن طريق التهجين الجيسى والتهجين الرجعى مع (Bird's rape) *Brassica rape* L. والبذى أنتج باستخدام الكلوروبلاست المشفرة لطفرة جين *psb A* وهى صفة تورث عن طريق الأم ، إلا أن هذا الجين كان له تأثيرات متعددة غير مرغوبة أدت إلى انخفاض المحصول بحوالى 20-30% (Beversdorff et al., 1988) .

وقد أعزى نقص المحصول إلى نقص كفاءة التمثيل الضوئى تحت شدة الإضاءة العالية نتيجة التغير فى معدل تدفق الإلكترون فى نظام التمثيل الضوئى

الثاني PH II والتغيرات الحادثة في تركيب الكلوروبلاست . كما يرتبط نقص كفاءة نظام التمثيل الضوئي الثاني مع زيادة الحساسية للحرارة . وتشير التقارير إلى أن أكثر من 50 % من المساحة المنزرعة بالكانولا في استراليا تزرع بأصناف متحملة للاترازين ، وقد أمكن نقل صفة التحمل إلى محاصيل أخرى تابعة للعائلة الصليبية (Rieger et al., 1999) . وقد استطاع مربى النبات إنتاج أصناف من الريب تتحمل مبيد imidazolinone باستحداث طفرات في الخلايا الجنسية الذكرية Microspores . ويعتمد هذا الاتجاه على إنتاج تباينات جسمية بزراعة حبوب اللقاح معطية طفرات أحادية ، يتم مضاعفة كروموسوماتها كيميائياً لإنتاج أصناف طفرية ثنائية أصيلة وراثياً . وكانت صفة التحمل لمبيد الاترازين في الصنفين Pursuit , Scepter شبه سائدة Semidominant أمكن الحصول عليها بتغيير أو تبديل جين (ALS) .

وعند تهجين السلالات شبه السائدة الحاملة للطفرات المختلفة PM₁ and PM₂ ، أظهر الجيل الأول الناتج الحامل للجينين تحملاً أعلى للمبيدات مقارنة بالآباء . وقد أضيفت صفة التحمل في التراكيب الناتجة ميزة أخرى وهي التحمل لمبيد sulfonyleureas وبدون أى تأثير على المحصول والنضج والجودة والمقاومة للأمراض ومراحل النمو . ولذا زرعت كأصناف تجارية في كندا تحت اسم Smart Canola (Swanson et al., 1989 and Anon, 1998) .

تحمل مبيد السلفوناييل يوريا Sulfonyleurea tolerance

تشمل السلفوناييل يوريا مركبات الـ Sulfometuron methyl, chlorosulfuron التي تعتبر من مجموعة المركبات المثبطة لتخليق إنزيم Acetolactate synthase (ALS) والتي تعرف أيضاً بـ Acetohydroxy

(AHAS) acid synthase . ويعتبر ALS الإنزيم الأول في مسار التخليق الحيوي للسلسلة الفردية للأحماض الأمينية للفالين والليوسين والأيزوليوسين . ويعتبر ALS هدفاً لمبيدات imidazolinone , sulphonanilide .

وقد أمكن الحصول على سلالات متحملة للمبيد عن طريق إستحداث طفرور في الخلايا الجنسية الذكرية Microspores وإستحداث طفرات في البروتوبلاست الأحادية. وقد إعتد الأساس في إنتاج هذه الطفرات على إحداث تغيرات في جين (ALS) ووجد أنها صفة شبه سائدة (عن : Senior and Bavage, 2003).

وقد وجد في الدخان إثنين من جينات ALS ، تشفر في حقيقيات النواة ويظهر نشاط الجين في الميتوكوندريا وفي الكلوروبلاست في النباتات الراقية . وقد أمكن إستحداث طفرات مقاومة لمبيد chlorsulfuron بإحلال القاعدة C بـ T عند النيوكليوتيدة 870 منتجاً السيرين . حيث أمكن إستحداث تحولات وراثية باستخدام الأجروبكتريم في الدخان والكتان والإكانولا وبنجر السكر وبالقفذ الدقيق للجين في الذرة الشامية .

ولقد أمكن تعيين نوعين من جينات ALS لتحمل هذا المبيد ونقلها إلى نباتات الدخان . وقد وجد أن الجين *ahas 3r* المنقول من الريب كان أكثر فاعلية من الجين *csrl-1* من الأرابيدوبسيس . ويؤدي إختلاف الطفرات فيما تحمله من هذين الجينين إلى ظهور إختلافات في القدرة على تحمل مبيدات الحشائش .

وتشير التجارب الحقلية إلى أن أصناف الريب المعدلة وراثياً الحاملة لجين المقاومة *csrl-1* لمبيد sulfonureas ، يتحسن بها مستويات المقاومة لمبيد chlorsulfuron من 9 إلى 15 ضعف ، ومقاومة مبيد flumetsulam من 6 إلى 10 ضعف ، imazamethabenz من 3 إلى 6 ضعف ،

meto. furon من 2 إلى 5 ضعف و imazethapyr من 1 إلى 2 ضعف (Blackshaw et al., 1994).

وفي التجارب الحقلية المتقدمة التي أجريت في كندا على مدى أكثر من عشر سنوات في عديد من المواقع ، أشار Harker ومعاونوه (2000) إلى أن إستتباط أصناف من الريب مقاومة لمبيد imazethapyr قد حقق تحسناً في المحصول بحوالى 13 إلى 39 % مقارنة بالأصناف التقليدية .

تحمل مبيد الجليفوسات Glyphosate tolerance

تعتبر الجليفوسات حلقات من 3- enolpyruvyl - shikimate - 5 phosphate synthase (EPSPS) ، تمثل جزءاً من مسار التخليق الحيوى للشيكيمات ويؤدى خلل هذا المسار إلى إيقاف إنتاج الأحماض الأمينية الأروماتية الأساسية ، الأمر الذى يؤدى إلى موت النبات . ويؤدى المبيد إلى تثبيط تخليق إنزيم (EPSPS) وهو الإنزيم المسئول عن التفاعلات المؤدية إلى تكوين chorismate .

وقد أجريت عدة محاولات لإنتاج تراكيب متحملة للمبيد من خلال الإنتاج الفائق لإنزيم EPSPS بإضافة نسخ إضافية من شفرات جين EPSPS من البيتونيا لإعطاء صفة التحمل لمبيد الجليفوسات . إلا أن هذا الاتجاه لم يطبق على النطاق التجارى . وقد وجد جين مماثل فى نبات الأرابيدوبسيس كان أكثر قرابة بالريب مقارنة بالبيتونيا ، يمنح التحمل للمبيد .

وعلى الجانب الآخر ، وجدت صفة التحمل العالى للجليفوسات والارتباط القوى لبيروفات الفوسفات فى السلالة CP₄ للأجروباكتريم ، وأمكن تحديد تتابعات جين التحمل ونسخه وازدراعه وتوظيفه لإحداث تحولات فى مدى واسع من المحاصيل منها الطرز الشتوية والربيعية من الريب .

كما تعتبر السلالة LBAA من الأكروموباكتر مصدراً لجين *glyphosate oxidoreductase gene (GOX)* والذي أمكن ازدراعه ليعطى مستويات مفيدة من التحمل للمبيد فى النباتات المعدلة وراثياً الناتجة (Padgett *et al.*, 1996) .

ويؤدى دمج كل من جين *EPSPS* , *GOX* إلى إعطاء مستويات إقتصادية مفيدة من المقاومة لمبيد الجليفوسات . وتشير الدراسات الحقلية إلى تحقيق فائدة محصولية قدرها 2-4% مقارنة بنباتات الريب غير المتحملة للمبيد (Amann, 1997) .

تحمل مبيد الجلوفوسينات أمونيوم Glufosinate ammonium tolerance

يعتبر هذا المبيد أحد المثبطات القوية لتخليق الجلوتامين (GS) الذى يستخدم فى تمثيل النيتروجين فى النباتات . ويؤدى تثبيط تخليق الجلوتامين إلى تراكم الأمونيا فى الخلايا وإيقاف التنفس الضوئى والتمثيل الضوئى وتدمير الكلوروبلاست . ويعتبر استخدام زراعة الأنسجة لإنتاج أصناف متحملة للمبيد غير ناجحة .

وقد أشارت الدراسات إلى أن إنزيم الـ PAT – phosphinothricin – N-acetyl transferase – يحول L-phosphinothricin إلى N-acetyl L-phosphinothricin قد أكتشف فى بكتريا *Streptomyces hygroscopicus* وسمى بجين البار (*bar gene*) ومن *S.viridochromogenes* وسمى بجين البات (*pat gene*) يشفر كلاهما لإنزيم الـ PAT . وأمكن بتقنية نقل الجين إدخالهما إلى نبات الريب وإنتاج

أصناف معدلة وراثياً من الطرز الربيعية والشتوية تجود تحت الظروف الحقلية
(Read and Ball, 1999).

تحميل مبيد البروموكسينيل Bromoxynil tolerance

لقد نجح إدخال جين *oxy* المأخوذ من بكتريا التربة إلى الريب والذي أدى إلى منحها القدرة على تمثيل مبيدات *hydroxybenzo- nitrate* ومنها البروموكسينيل . هذا وقد تمكن **Cuthbert** وآخرون (2001) من تعيين سسلتين شقيقتين معدلتين وراثياً تحملا أشكال مختلفة من جين *oxy* ، تتميز بتحمل جيد لمبيد البروموكسينيل مع عدم وجود فروق جوهريّة في الصفات الزراعية عن النباتات غير المعدلة وراثياً .

تطور المقاومة للمبيدات في الحشائش

Development of herbicide resistance in weeds

مع الثورة الخضراء التي حدثت في مجال الزراعة بهدف تغطية احتياجات الإنسان من الغذاء والكساء ، ظهرت مشاكل الجيل الثاني ، المتمثلة في تدهور المصادر الطبيعية وزيادة مشاكل الآفات والحشائش . الأمر الذي حدا بالمهتمين في مجال الإنتاج الزراعي إلى اللجوء لاستخدام مبيدات جديدة للتغلب على هذه المشاكل . غير أنه مع استمرار استخدام المبيدات ، ظهرت مشكلة مقاومة الحشائش للمبيدات والتي تعتبر مثالاً للتطور بفعل الانتخاب الطبيعي للصفات التي سمحت لأنواع الحشائش بالأقلية والبقاء من خلال تطور ميكانيكيات المقاومة والهروب . وقد أعزى ذلك إلى التغيرات المستمرة في البيئة بفعل تدخل الإنسان .

وتجدر الإشارة إلى أن هذه الظاهرة لا تختلف عن التغيرات التطورية التي أدت إلى زيادة الحشرات والمسببات المرضية إستجابة لاستخدام المبيدات الحشرية والفطرية أو التغيرات التي حدثت للنباتات نتيجة انبعاث الملوثات الصناعية من أكاسيد الكبريت والنيتروجين والعناصر الثقيلة ... وغيرها .

وتؤدي عملية الانتخاب الطبيعي إلى ظهور سلالات مقاومة نتيجة التعرض المستمر لتركيزات قاتلة من المبيد . حيث يعمل المبيد على قتل الأفراد الحساسة دون المقاومة . وباستمرار تعرض الأجيال للمبيد - تستمر عملية الانتخاب ، وتتكون سلالات مقاومة وتزداد نسبتها . وتتوقف سرعة تكوين سلالة مقاومة لمبيد ما على بعض العوامل من أهمها :

1- القدرة النسبية على التنافس لكل من السلالة المقاومة والسلالة الحساسة .

2- عدد جينات المقاومة ودرجة سيادتها ، فكلما زاد عدد جينات المقاومة إنخفضت سرعة تكوين السلالة المقاومة .

3- تكرار جين المقاومة في العشيرة ، فكلما زاد التكرار الجيني ، تكونت السلالة المقاومة أسرع .

4- حجم العشيرة ، فكلما زادت زاد احتمال وسرعة تكوين السلالة المقاومة .

5- شدة الضغط الانتخابي ، فتؤدي زيادة الضغط الانتخابي إلى سرعة تكوين سلالة مقاومة .

6- الطور المعرض للانتخاب ، تختلف سرعة تكوين السلالة المقاومة باختلاف الطور المعرض لضغط المبيد .

وتحمل العشائر البرية وسلالات الحشائش التي تعرضت لضغط مبيد معين خصائص مورفوسيايولوجية وكيموحيوية تمكنها من تحمل المبيد . كما قد

تظهر طفرات تكون أقدر على البقاء والمنافسة من بقية العشيرة تحت ظروف المعاملة المستمرة بالمبيد .

ويؤدي الانتخاب تحت ضغط المبيد إلى تطور المقاومة خلال عدة أجيال، وتنتج سلالات مقاومة لهذه المبيدات . وتنمو النباتات المقاومة وتزدهر في غياب المنافسة مع الأنواع الحساسة . وفي هذه الحالة ينبغي عدم تكرار استعمال نفس المبيدات ، إذا كانت المبيدات البديلة متاحة .

ويوضح جدول (4 - 18) أمثلة لبعض الحشائش التي يصعب مكافحتها بواسطة مبيدات الحشائش المتخصصة بسبب قوة تحملها ووجود جينات المقاومة بها .

جدول (4 - 18) : حساسية بعض الحشائش للتركيزات الموصى بها للعديد من مبيدات الحشائش المتخصصة .

المبيد الحشيشة	Alachlor	Alazine	Chloramben	Chlorpropham	2,4-D	Diuron	EPTC	Linuron	Trifluralin
Barnyardgrass	S	I	S	I	T	S	S	S	S
Chickweed		S		S	I	S	S	S	S
Cocklebur	T	S	I	T	S	I		S	T
Crabgrasses	S	T	S	I	T	S	S	S	S
Fall panicum	S	I	I	I	T	S	S	I	S
Foxtails	S	S	S	I	T	S	S	S	S
Jimsonweed	I	S	I	I	S			S	T
Johnsongrass seedlings	I	T	I	T	T	I	S	I	S
Knotweed	T	S		S	I	S	S	I	S
Lambsquarters	I	S	S	T	S	S	S	S	S
Morningglory annual	T	S	T	I	S	I	S	S	I
Mustards	I	S	I		S	S	T	S	T
Nightshades	I	S	S		I		I	S	I
Nutsedges	I	I	T	T	I		I	T	T
Pigweeds	S	S	S	I	S	S	I	S	S
Purslane	S	S	S	S	I	S	S	S	S
Ragweed	I	S	S	T	S	S	I	S	I
Smartweed	I	S	S	S	I			S	I
Velvetleaf	T	S	I	T	I	I	I	S	T
Wild cucumber	T	S	I	T	I			S	I

S : حساس ، I : متوسط الحساسية ، T : متحمل

(عن : Ware, 1994)

وفى برامج التربية لتحمل مبيدات الحشائش ، تعتبر هذه العشائر المتحملة مصدراً لجينات التحمل التى يمكن نقلها بأساليب التربية أو بالتقنية الحيوية إلى أصناف المحاصيل الهامة .

فقد لوحظ تحمل حشيشة الشوفان *Avena fatua* لمبيد diallat وتحمل الشعير البرى *Hordeum jubatum* لمبيد siduron ، كما اكتشفت صفة تحمل مبيد الترايازين فى عديد من السلالات التابعة للأنواع *Amaranthus* , *Senocio vulgaris* , *Solanum nigrum* , *Brassica campestris* , *Ambrosia artemisiifolia* , *Chenopodium* sp

ولقد فسرت أسباب مقاومة هذه الحشائش لمبيد الترايازين triazine إلى قدرتها على تغيير موضع تأثير المبيد . حيث يؤثر المبيد فى الحشائش الحساسة عن طريق الارتباط بواسطة روابط بروتينية مع نظام التمثيل الضوئى الثانى PSII ، ومن ثم التأثير على تفاعلات الضوء فى البلاستيدات الخضراء . كما قد يحدث تحور فى خصائص البروتين يؤدي إلى عدم ارتباط المبيد به .

ومن الأمثلة الواضحة لحالات المقاومة للمبيدات ، ما سجل فى ولاية أريزونا الأمريكية من مقاومة حشيشة جونسون لمبيد dalapon ، هذه الحشيشة ليست من الأنواع المتوطنة فى المنطقة ، بل تم جلبها لاستخدامها كعلف ، وتكونت منها بطرق التربية سلالات معمرة . وقد لوحظ بعد حوالى خمس سنوات أن المعاملة بمبيد dalapon قد قضى على السلالات الحساسة فقط تاركاً وراءه السلالات المقاومة ، ولم يعد للمبيد تأثير يذكر . وقد أعزيت هذه الظاهرة إلى وجود نظم حيوية بديلة فى النبات عوضاً عن النظم الحساسة التى تأثرت بفعل المبيد ، تستطيع القيام بنفس الوظيفة ، فتستطيع تحمل المبيد مما يؤدي إلى سيادة جين السلالة الجديدة المقاومة ، لاسيما فى حالة المبيدات عالية الفاعلية والمتخصصة .

الأمان الحيوى لأصناف المحاصيل المحورة وراثياً

المتحملة لمبيدات الحشائش

Biosafety of modified crop cultivars tolerant to herbicide

عند إستنباط صنف جديد من المحاصيل مقاوم أو متحمل لمبيدات الحشائش بأساليب التقنية الحيوية ، يجب الأخذ فى الاعتبار إحتياجات الأمان الحيوى التى تضمن عدم وجود أى تأثيرات ضارة لمنتجات هذا الصنف على البيئة أو الزراعة أو الجماعات المحيطة من الباحثين أو المتعاملين فى مجال تداول أو إستخدام هذه المنتجات بدءاً من مرحلة البحوث حتى التوزيع على النطاق التجارى .

وفى هذا الصدد ، ينبغى إتباع الإجراءات المناسبة للعزل لتجنب إنتشار حبوب اللقاح إلى أصناف المحاصيل المجاورة وتجنب دخول الحشرات والحيوانات ، وإجراء الاختبارات الحيوية التى تؤكد نتائجها الاستخدام الآمن لمنتجات الصنف المهندس وراثياً على صحة الإنسان والحيوان وعدم الإضرار بالمصادر الوراثية الموجودة فى البيئة ، وذلك قبل السماح باستخدام هذه المنتجات على النطاق التجارى .

وعندما تمكن Sidhu ومساعدوه فى هولندا عام (2000) من إستنباط سلالة الذرة الشامية المعدلة وراثياً GA_{21} المتحملة لمبيد الجليفوسات Roundup Ready glyphosate GA_{21} maize ، اتبعت إجراءات الأمان الغذائى بتحليل المكونات وقياس محتوى الأحماض الأمينية والأحماض الدهنية والألياف ومحتوى العناصر والبروكسيمات فى الحبوب ، وكذا محتوى الألياف والبروكسيمات والعناصر فى ناتج العلف الأخضر، على عينات جمعت من 16

موقع حقلى على مدى موسمين . حيث تم تغذية الدواجن عمر يومين على سلالة الذرة بوجبة بتركيز 50-60 % وزن / وزن . وقد أشارت نتائج الاختبارات عدم وجود إختلافات فى النمو وكفاءة التغذية ووزن دهن بطانة البطن بين الدجاج المتغذى على حبوب السلالة GA_{21} المعدلة وراثياً أو حبوب سلالة المقارنة الأبوية . وعلى ذلك فإن سلالة الذرة الشامية GA_{21} آمنة من الناحية الغذائية مثل الذرة العادية .

كما وجد Aumaitre وآخرون فى هولندا (2002) أن نباتات الذرة الشامية المعدلة وراثياً بجينى $t-DNA$, Bt المقاومة للحشرات ومبيدات الحشائش لم يكتشف لها أى آثار ضارة فى اللبن أو الأنسجة أو صحة الحيوان ولم تسبب السرطان .

وفى القمح ، تميز صنف قمح الخبز المتحمل لمبيد الجليفوسات Roundup Ready glyphosate 33391 المستتبط من الصنف المعطى Bobwhite باستخدام الأجروبكتريم كوسيط إنتقال ، بتحمل جرعات مضاعفة 2X من المبيد غير الاختيارى حتى 4 لتر / هكتار عند مرحلة 3-5 ورقات . حيث لاحظ Zhou ومعاونوه (2003) فى أمريكا أن نباتات الصنف الجديد 33391 المعدل وراثياً قد أنتجت مع أو بدون إضافة المبيد محصولاً أعلى من نباتات الصنف غير المعدل وراثياً Bobwhite ، كما لم تظهر أى أعراض ضرر .

وفى قصب السكر ، نجح (2003) Snyman and Leibbrandt فى جنوب أفريقيا فى الحصول على تحولات وراثية من الصنف NCo 310 والسلالة Line 22.2 تحمل جين الـ pat المسئول عن المقاومة لمبيد الجليفوسات أمونيوم ammonium glyphosate . ولم تظهر على السلالات

الجديدة الناتجة أية أعراض للسمية واستطاعت تحمل جرعة مبيد وصلت 7 لتر / هكتار مع ثبات تعبير الجين .

كما أمكن في أمريكا تطوير سلالات من البرسيم الحجازي تتحمل مبيد الجليفوسات Roundup Ready glyphosate alfalfa ، تشبه نباتات المقارنة في محصول العلف (Mc Caslin and Fitzpatrick, 2000) .

ولقد إزدادت المساحة المنزرعة من المحاصيل المعدلة وراثياً في أمريكا في الآونة الأخيرة ، وأصبحت أصناف فول الصويا المتحملة لمبيد-الجليفوسات Roundup Ready (glyphosate)soybean cultivars ميسرة لأول مرة للمزارعين عام 1997 وزرعت في 50 % من المساحة بوصول عام 1999 وفي القطن ، أصبحت تقاوى أصناف القطن Roundup Ready cotton seed cultivars ميسرة للمزارعين عام 1997 . وتزايدت مساهمة أصناف القطن وفول الصويا المتحملة لمبيد الجليفوسات في التجارة بنسبة 50-80 % في بعض الولايات الأمريكية . وإزدادت هذه النسبة في السنين التالية ، حيث تم تطوير وتسجيل عديد من أصناف المحاصيل الأخرى مثل الأرز والذرة الشامية والقمح . فحالياً ، وفي ظل توفر أصناف المحاصيل المقاومة لمبيدات الحشائش يمكن الحد من خطورة الحشائش .

مشاكل التربية لمقاومة مبيدات الحشائش

يواجه مربى النبات ومنتج المحاصيل مجموعة من المشاكل عند إنتاج أصناف مقاومة لمبيدات الحشائش نذكر منها ما يلي :

1- قد تعامل معظم المحاصيل بتوليفة من مبيدات الحشائش لتلافى ضرر الأنواع المتعددة من الحشائش ، الأمر الذي يعقد من عملية المقاومة .

2- أن صفة المقاومة لبعض مبيدات الحشائش يتحكم فيها جينات في كلوروبلاست الخلايا وأن سيتوبلازم الأم هو المسئول عن الوراثة الأمية ، الأمر الذى يستوجب إجراء التهجينات العكسية ، مما يستلزم جهد مضاعف من مربى النبات .

3- أن عوامل المقاومة لمبيدات الحشائش غالباً ما توجد فى الطرز البرية بعيدة القرابة ، وأن تهجين الأبعاد يصاحبه عديد من مشاكل العقم وعدم التوافق .

4- قد يحدث أحياناً تسرب للجينات المسئولة عن المقاومة للحشائش من المحاصيل المعدلة وراثياً وظهور ما يسمى بالحشائش العملاقة Super weeds ، الأمر الذى يؤدى إلى تطور المقاومة الطبيعية فى الحشائش للمبيدات المستعملة .

5- وجد أن بروتين CP4 EPSPs المعدل وراثياً فى أصناف القمح المتحملة لمبيد الجليفوسات يحمل مخاطر ضئيلة Negligible risk للإنسان والحيوان والحياة البرية ، وكذلك بروتين AHAS فى أصناف القمح المتحملة لمبيد imidazolinone .

6- يخشى العلماء من تسرب جينات النباتات المعدلة وراثياً إلى أصناف المحاصيل التى تؤكل . حيث لوحظ إنتقال بعضاً من هذه الجينات فى الحقل بنسبة أقل من 0.03 % .

الباب السابع

تقييم التراكيب الوراثية لتحمل مبيدات الحشائش Evaluation of Genotypes to Herbicide Tolerance

تختلف الطرق المتبعة في تقييم جيرمبلازم المحاصيل لتحمل مبيدات الحشائش تبعاً لنوع المحصول ومرحلة النمو ونوع المبيد والتركيز المستخدم وكذلك مكان التقييم سواء تحت ظروف المزارع الصناعية أو البيوت المحمية أو في الأصص أو غرف النمو أو باستخدام مزارع الأنسجة أو تحت الظروف الحقلية .

وعموماً فإن هناك بعض المصطلحات المستخدمة في مجال التقييم يمكن ذكرها فيما يلي :

LD : تعنى الجرعة القاتلة Lethal dose

LD₅₀ : تعنى الجرعة التى تقتل 50 % من تعداد النباتات أو حيوانات التجارب

LC : يعنى التركيز القاتل Lethal concentration

LC₅₀ : يعنى التركيز الذى يقتل 50 % من تعداد النباتات أو حيوانات التجارب .

طرق التقييم

1- التقييم باستخدام المزارع الصناعية (المحاليل المغذية)

Evaluation by using hydroponic cultures

استخدمت مزارع المحاليل الغذائية في تقييم جيرمبلازم عديد من أصناف

المحاصيل لتحمل مبيدات الحشائش . فقد استخدمها (Kilen and He 1992)

فسي تقييم آباء وهجن الجيل الأول F_1 والثاني F_2 والثالث F_3 من فول الصويا
بزراعة النباتات في مزارع المحاليل المغذية طبقاً للطريقة الموصوفة بواسطة
Barrentine *et al.*, 1976 على النحو التالي :

1- أجرى تنضيد للبذور وعوملت بمطهر فطري قبيل الإنبات في
فيرميكوليت .

2- عند بزوغ الفلقات وظهورها باللون الأخضر ، تم غسيل النباتات
لإزالة أثر المبيد والفيرميكوليت ، ونقلت إلى خزانات تحتوى على محلول مغذى
تحت ظروف الصوبة على درجة حرارة $25 \pm 5^\circ \text{C}$.

3- تم إدخال النباتات في ثقوب على مسافة 10 سم على قماش
البوليسترين طاف على المحلول المغذى .

4- تم إضافة مبيد metribuzin بمعدل 125 ميكروجرام / لتر إلى
المحلول المغذى بعد 10 أيام من الشتل قبل إنسباط الورقة الثلاثية الأولى .
أجرى تقدير مدى تحمل النباتات للمبيد عن طريق عد النباتات الميتة بعد
7 أيام من إضافة المبيد .

وقد أظهرت نباتات الجيل الأول للهجن بين الأصناف الحساسة \times
المتحملة ، تحملاً للمبيد وإنعزلت نباتات الجيل الثاني بنسبة 3 متحمل : 1
حساس .

2- التقييم في أصص في غرف النمو تحت ظروف البيوت الزجاجية
**Evaluation in pots of growth chamber under
glasshouse conditions**

استخدمت تجارب الأصص في غرف النمو تحت ظروف البيوت
الزجاجية في تقييم ثلاثة أصناف من الذرة الشامية هي CG 4526
و PAN 6043 و PAN 6140 لمبيد terbutylazine , atrazine عند

طور الورقتين والأربع ورقات بمعدل 2.5 لتر / هكتار و 1 لتر / هكتار تحت ظروف البيوت الزجاجية في غرف النمو تحت نظام حراري 20 / 15 أو 30 / 25 °م (نهار / ليل) ، على الترتيب Khorommbi and Reinhardt, 2002) . وقد أظهرت النتائج ما يلي :

- حدوث ضرر معنوي للمبيد على النباتات عند مرحلة الورقة الثانية مقارنة بطور الورقة الرابعة على الصنف PAN 6043 .
- عند درجة الحرارة المتخفضة وتحت تأثير المبيدين ، حدث نقص معنوي في الوزن الجاف الكلي للمجموع الخضري بأكثر من 40 % في الصنف CG 4526 ، بينما كان النقص أقل من 10 % في الصنف PAN 6140 .
- مع إرتفاع درجة الحرارة أظهر الصنف CG 4526 تحملاً أعلى للمبيد ، حيث بلغ معدل النقص في الوزن الجاف للسيقان حوالي 17 % ، في حين كان معدل النقص أكثر من 30 % في الصنفين ، PAN 6140 و PAN 6043 .

وتدل هذه النتائج على أن تحمل بادرات الذرة الشامية للمبيدات العشبية تعتمد على طور النمو والصنف ودرجة الحرارة .

3- التقييم في أصص تحت ظروف البيوت المحمية Evaluation in pots under greenhouse conditions

تستخدم البيوت المحمية في تجارب تقييم جيرمبالزم المحاصيل في المراحل المبكرة من النمو (البادرة) . ويسمح هذا النظام باختبار عدد كبير من التراكيب الوراثية في مساحة صغيرة نسبياً تحت ظروف متحكم فيها .

ويجرى تعريض المواد الوراثية لضغط إنتخابى شديد بالتركيز الذى يقضى على النباتات الحساسة ، وبذا تكون هناك فرص لانتخاب النباتات المقاومة لتأثير المبيد .

وقد أفادت تجارب الأصص فى تقييم أربعة آباء وثلاث هجن و 200 عائلة ناتجة عنها فى فول الصويا فى 3 : F2 زرعت فى أصص بلاستيك ملئت بـ 3.4 لتر من تربة طميية رملية ناعمة مع قش جاف على pH 6.5 حيث عوملت تربة الأصص بعد الزراعة وقبل الإنبات بـ 1.68 كجم / هكتار من مبيد pendimethalin برشاشة مناسبة مع إضافة 300 mL ماء / أصيص لتنشيط فعالية المبيد ، وإشتمل كل أصيص على 5 نباتات .

أجرى تقييم التراكيب الوراثية لتحمل ضرر المبيد بحساب النسبة المئوية للنباتات ذات السيقان المكسورة عند السويقة الجنينية عند مرحلة النمو V4 بعد 6 أسابيع من الزراعة .

وقد أظهرت النتائج تباين الأصناف فى درجة مقاومتها للمبيد وكان الصنف Flyer أكثر حساسية لضرر المبيد مقارنة بالصنف Asgrow A4715. ودل توزيع النسل على أن المقاومة لتكسر السيقان تورث كصفة كمية (Glover and Schapaugh, 2002) .

4- التقييم باستخدام مزارع الأنسجة . Evaluation by using tissue culters

تفيد مزارع الخلايا المعلقة فى برامج التقييم والانتخاب لتباينات جسمية تعطى سلالات خلايا Cell clones قادرة على تحمل تركيز معين من مبيد الحشائش ، تتطور بعد ذلك إلى نباتات كاملة . فقد أفاد تكتيك المزارع المعلقة " معلق مزارع الخلايا " فى فول الصويا من خلال الانتخاب خطوة - خطوة عن

طريق زيادة تركيز مبيد الجليفوسات في المحلول المغذى من 0.1 - 55 mM . حيث تمكن Ramulu (2001) من إنتخاب سلالات خلايا مقاومة لتركيز 2 mM والتركيزات العالية ، زاد فيها مستوى نشاط إنزيم EPSPS 16 مرة نتيجة نشاط الجين المنقول .

5- التقييم تحت الظروف الحقلية

Evaluation under field conditions

يمكن تقييم درجة تحمل سلالات وأصناف المحاصيل لتأثير مبيدات الحشائش بتصميم تجارب في مكررات ، تعامل فيها النباتات بتركيزات مختلفة من المبيد .

حيث تنتخب النباتات المقاومة للتركيزات العالية وتستبعد النباتات التي تموت من تأثير المعاملة . وعلى الرغم من سهولة التقييم الحقلى إلا أنه يعاب عليه عدم تجانس توزيع المبيد بسبب تيارات الرياح إلى جانب عدم تجانس خصوبة التربة ، مما يترتب عليه تباين في قدرة النباتات على تحمل المبيد .

وتحت الظروف المصرية ، تمكن الباتال وعبد الجواد (1995) من دراسة تحمل 15 صنف من فول الصويا لمبيد الحشائش metribuzin زرعت في تصميم شرائحى في 4 مكررات . وتم إضافة المبيد بمعدلات 140 ، 280 ، 420 ، 560 جم مادة فعالة / فدان في 200 لتر ماء رشاً قبل الإنبات .

وقد قدرت درجة تحمل أصناف فول الصويا للمبيد بتقدير تقصف أو تكسر السيقان . حيث تباينت الأصناف في تحملها للمبيد وكانت قدرة تحمل الأصناف 71 Pershing , Dare , Cutler حتى 280 جم / فدان ، في حين أظهر الصنف Craufurd حساسية أعلى للمبيد .

مقاييس تحمل أصناف المحاصيل لمبيدات الحشائش

يقدر مدى تحمل سلالات وأصناف المحاصيل لمبيدات الحشائش بالطرق الآتية :

أ- الضرر المرئي وظهور نكرزة على الأوراق ونقص النمو على مقياس من 1-9 .

ب- تقدير مساحة الأوراق وإرتفاع النبات والوزن الغض والجاف للأعضاء .

ج- طول الجذور .

د- معدل النقص في المحصول .

وتقسم النباتات على حسب مدى حساسيتها لمبيدات الحشائش إلى الأقسام الآتية :

1- Susceptible (S) : نباتات حساسة تموت جميعها بمبيدات

الحشائش في نفس الموسم .

2- Moderately susceptible (MS) : نباتات متوسطة الحساسية

تموت جزئياً ويظهر عليها تأثير المبيد في نفس الموسم .

3- Moderately resistance (MR) : نباتات متوسطة المقاومة تتأثر

جزئياً في نفس الموسم ، لكن تستعيد نشاطها ونموها في نفس الموسم .

القسم الخامس

وراثة وتربية المحاصيل

لتحمل الأشعة فوق البنفسجية

*Genetics and Breeding Crops
for Ultraviolet Radiation
Tolerance*

وراثة وتربية المحاصيل لتحمل الأشعة فوق البنفسجية
Genetics and Breeding Crops for Ultraviolet
Radiation Tolerance

مقدمة

تتكون أشعة الشمس من ثلاثة أنواع من الأشعة هي الأشعة الحرارية غير المرئية ويمثلها الأشعة تحت الحمراء وتكون 46 % من أشعة الشمس ، والأشعة المرئية وتكون 45 % من أشعة الشمس ، والأشعة فوق البنفسجية ويسمى بعضها بعض الباحثين الأشعة الحيوية وتكون 9 % من أشعة الشمس . وتشغل الأشعة فوق البنفسجية المنطقة من الطيف ذات الطول الموجي بين 100 - 380 نانوميتر . وهي أشعة غير مرئية قصيرة ، وكلما قصرت أطوال موجاتها ، كلما زادت شدة ضررها للنبات والإنسان والحيوان . وتعمل طبقة الأوزون على حماية سطح الكرة الأرضية والكائنات الحية من تأثير الأشعة فوق البنفسجية ، حيث يمتص الأوزون الأشعة الضارة . غير أنه مع تآكل طبقة الأوزون منذ الثمانينات من القرن الماضي بفعل أنشطة الإنسان المختلفة ومع اتساع ثقب الأوزون إلى أن بلغ حوالى 26 مليون كم ، بما يوازى ضعف مساحة أوروبا فى عام 2001 ، ترتب على ذلك تسرب الأشعة فوق البنفسجية إلى الأرض ، مؤدية إلى حدوث تأثيرات ضارة على النبات وصحة الإنسان والحيوان ، كما ترتفع من درجة حرارة الجو والأرض . ويؤدى الخلل الذى تحدثه ملوثات الهواء من الجزيئات الدقيقة وأكاسيد النيتروجين والكبريت والكربون مع تآكل طبقة الأوزون إلى تعاظم الآثار السلبية التى تحدثها الأشعة فوق البنفسجية على البيئة ومكوناتها .

فيؤدي إسصاص الأشعة فوق البنفسجية من الطراز B- (UV-B) إلى تأثيرات سلبية على النبات ونقص تخليق صبغات التمثيل الضوئي وتأخر النمو ونقص المحصول ، في حين لوحظ أن التعرض للأشعة فوق البنفسجية طراز A- (UV-A) كان مصحوباً بزيادة تخليق صبغات الكلوروفيل والكاروتينويدات ونشاط التمثيل الضوئي الثاني (Amudha and Kulandaivelu, 2003).

ويتباين طول موجة الأشعة ، وقد قسمت أشعة الشمس حسب أطوال موجاتها كما هو موضح في جدول (5 - 1) .

جدول (5 - 1) : أقسام الأشعة حسب أطوال موجاتها .

نوع الأشعة	طول الموجة (nm)
Ultraviolet (UV)	380 - 100
UV - C	280 - 100
UV - B	320 - 280
UV - A	380 - 320
المرئية Visible	780 - 380
تحت الحمراء (IR) Infrared	°10 - 780
or	
Infrared (IR)	2500 - 780
الحرارية Thermal	+ 2500

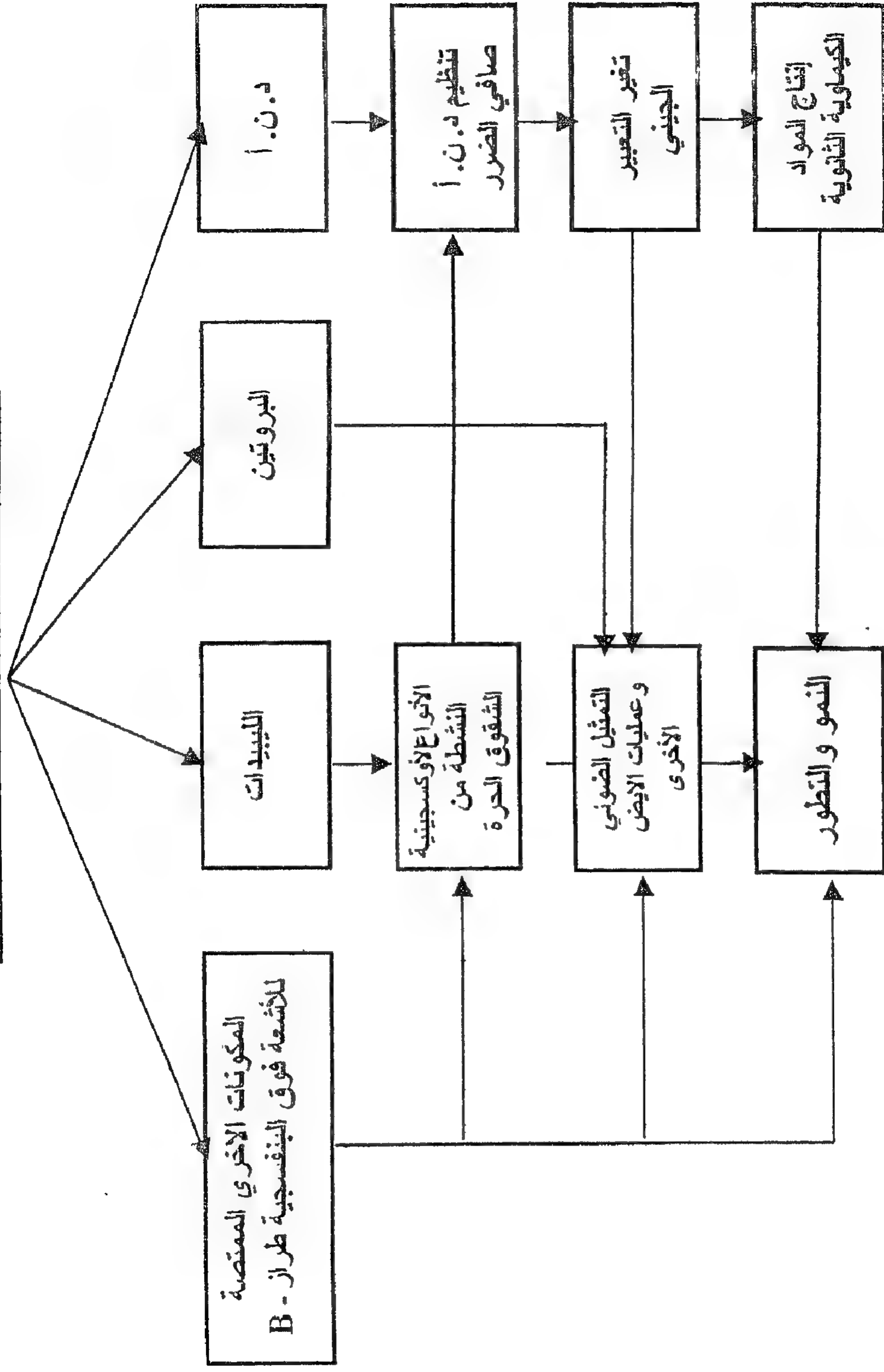
تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية على نباتات المحاصيل

يمكن حصر تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية على نباتات المحاصيل فيما يلي :

- 1- أظهرت تجارب تعريض نباتات الذرة الرفيعة والبقوليات للأشعة فوق البنفسجية طراز B- إلى حدوث نقص معنوي في محتوى صبغات الكلوروفيل والكاروتينويدات والتأثير على نشاط إنزيم البيروكسيداز ، في حين صاحب التعرض للأشعة فوق البنفسجية طراز A- ، حبّ تخليق الكلوروفيل والكاروتينويدات ونشاط التمثيل الضوئي الثاني في البقوليات .

- 2- أدى تعرض نباتات الذرة الرفيعة إلى الأشعة فوق البنفسجية طراز B- إلى زيادة المقاومة الثغرية ونقص معدل إمتصاص ثاني أكسيد الكربون التمثيلي .
- 3- صاحب التعرض للأشعة فوق البنفسجية طراز A- , B حدوث تغيرات محدودة في معقد بروتين غشاء الثيلاكويد المسئول عن الحماية من إجهادات البيئة غير الحيوية .
- 4- ظهرت على أصناف الأرز الحساسة لضرر الأشعة فوق البنفسجية طراز B- خلل في جزئ بيرميدين البيوتان الحلقى وإنخفاض مستوى نشاط إنزيم CPD-photolyase ونقص القدرة على الاستشفاء .
- 5- أدى تعرض نباتات الذرة الشامية للأشعة فوق البنفسجية طراز B- إلى حدوث إنحرافات كروموسومية وتلكأ لحركة الكروموسومات وتكون شظايا كروموسومية وقنطرة كروماتيدية ووجود خلايا بها نواتين .
- 6- صاحب تعرض نباتات الأرز للأشعة فوق البنفسجية طراز B- ، حدوث ضرر في الحمض النووي دنا بأنسجة الأوراق ومكونات الخلية الأخرى.
- 7- أدى معاملة نباتات البسلة بالأشعة فوق البنفسجية طراز B- إلى نقص مستوى رنا الرسول mRNA .
- 8- أدى التأثير المشترك للأشعة فوق البنفسجية طراز B- والأوزون إلى تغيير في التعبير الجيني في نبات الأرابيدوبسيس .
- 9- أدى التعرض للأشعة فوق البنفسجية طراز B- إلى حدوث تأثيرات عكسية على النبات وتأخر النمو ونقص الإنتاجية .
- ويوضح شكل (1-5) التأثيرات المتعددة والمحتملة للأشعة فوق البنفسجية طراز B- وعمليات التنظيم في الكائنات الحية .

امتصاص الأشعة فوق البنفسجية طراز - B



شكل (5 - 1) : التأثيرات المتعددة والمحتملة للأشعة فوق البنفسجية طراز-B وعمليات التنظيم في الكائنات الحية.

الأسس المورفوفسيولوجية والكيموحيوية لمقاومة تأثيرات

الأشعة فوق البنفسجية طراز B.

Morpho-physiological and Biochemical Basis for Resistance to UV - B Radiation

ترجع مقاومة سلالات وأصناف المحاصيل لضرر الأشعة فوق البنفسجية طراز B. إلى بعض الخصائص المورفولوجية والفسيولوجية والكيموحيوية والتي يمكن إستخلاصها من نتائج الدراسات البحثية . حيث أعزيت المقاومة إلى الصفات الآتية :

- 1- صغر حجم الأوراق .
- 2 - زيادة سمك جدار الورقة .
- 3- زيادة سمك طبقة الكيوتيكل ووجود الطبقات الشمعية على أوراق وسيقان النباتات .
- 4- زيادة مستوى تخليق صبغات الكلوروفيل والكاروتينويدات ونشاط التمثيل الضوئي .
- 5- زيادة محتوى الأنثوسيانين و المركبات الفينولية مثل الفلافونات .
- 6- المحتوى المتوازن من الفوسفور في أنسجة النبات .
- 7- زيادة المقاومة الثغرية .
- 8- زيادة مستوى مضادات الأكسدة مثل حمض الأسكوربيك و α -tocopherol sinapate esters ونشاط إنزيم Ascorbate peroxidase والبيروكسيديز والكتاليز والروبيسكو Rubisco وإنزيم Cyclobutan pyrimidin dimer (CPD)- photolyase وسلامة جزئ بيرميدين البيوتان الحلقي .

- 9- المحتوى المرتفع من الليبيدات والبروتينات الذائبة الكلية .
- 10- المحتوى المرتفع من الحمض الأميني السستئين والجلوتامين ونقص محتوى الأرجينين .
- 11- زيادة درجة مقاومة معقد بروتين غشاء الثيلاكويد المسئول عن الحماية .
- 12- التعبير الفائق لبروتين الصدمة الحرارية 17.7 sHSP المستحث بالحرارة العالية في نباتات الأرز .
- 13- زيادة القدرة على الاستشفاء وتفعيل ميكانيكيات الإصلاح للحمض النووي دنا .
- وقد أشارت الدراسات إلى إمكانية حماية الخلايا من ضرر الأشعة فوق البنفسجية طراز B₂ عن طريق المعاملة بالليزر (Qi-Zhi et al., 2000) .
- وتتملك جميع الأنواع النباتية ميكانيكيات دفاع تتطور باستمرار لمقاومة تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية تتمثل فيما يلي :
- الميكانيكية الأولى : تتمثل في القدرة على تجميع مركبات الأشعة فوق البنفسجية الممتصة .
- والميكانيكية الثانية : تطوير فاعلية ميكانيكيات الإصلاح للحمض النووي دنا النشط .
- وعموماً فإن تأثير التركيب الوراثي بالتزامن مع عمليات الأكلمة المتمثلة في ميكانيكية الإصلاح للحمض النووي دنا وإنتاج مضادات الأكسدة إلى جانب الخصائص المورفوفسيولوجية ، تسهم في حدوث ما يعرف برد الفعل فائق الحساسية لمقاومة تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية طراز B₂ .

الاختلافات الصنفية ومصادر المقاومة للأشعة فوق البنفسجية

طراز B-

Varietal Differences and Sources for Resistance to UV - B Radiation

لقد سُجّلت تباينات واسعة في مقاومة التراكيب الوراثية لتأثيرات الأشعة فوق البنفسجية طراز B- بين أجناس وأنواع وأصناف المحاصيل ، حيث لوحظ أن أصناف قمح المكرونة المقاومة للجفاف مثل الصنف Horani تتميز بدرجة حماية عالية ضد تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية طراز B- مقارنة بالأصناف الحساسة من الفول البلدى (Al-Oudat et al., 1998) .

الشعير Barley

تتباين سلالات الشعير في تحملها لتأثيرات الأشعة فوق البنفسجية طراز B- ، حيث سجل نقص معنوى في إنتاج المادة الجافة الكلية ومحصول الحبوب في سلالتين من الشعير . وكان معدل الضرر أعلى (32%) في السلالة RPr 79/4 مقارنة بالطراز البرى Maris Mink بنسبة ضرر (20%) فقط (Mazza et al., 1999) . كما تتميز صنف الشعير Syabry بالمقاومة للأشعة فوق البنفسجية طراز B- ، في حين كان الصنف Vyatskii حساساً للأشعة (Selezenva et al., 2002) .

الأرز Rice

يتميز صنف أرز الأراضى المنخفضة Sasanishiki بمستوى عالى من المقاومة لضرر الأشعة فوق البنفسجية طراز B- ، في حين كان الصنف Norin 1 أكثر حساسية (Teranishi et al., 2004) .

ويعتبر صنف الأرز الياباني Nipponbare مصدر مقاومة تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية طراز B- ، بينما كان الصنف الهندي Kasalath هو الأكثر حساسية لضرر الأشعة (Ueda et al., 2004) .

الذرة الشامية Maize

لقد سجلت إختلافات معنوية بين ثماني أصناف من الذرة الشامية في تحمل الأشعة فوق البنفسجية طراز B- إستناداً إلى قياسات النمو والصفات المورفولوجية ، وكان الصنف REG. VR الأقل حساسية ، في حين كان الصنف DK 498 الأكثر حساسية لـ UV-B ، في إشارة إلى امكانية نجاح التربية لتحمل تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية في الذرة الشامية (Carreia et al., 1998) .

كما اختلفت سلالات الذرة الشامية فيما تحمله من جينات تتحكم في تمثيل الفلافونويد إستجابة لتأثيرات الأشعة فوق البنفسجية طراز B- ، حيث لوحظ ارتفاع محتوى الفلافونويد والانتوسيانين في السلالتين Line b , IC مقارنة بالسلالتين dta , hi 27 (Lau et al., 2006) .

القطن Cotton

أظهر صنف القطن المحلى جيزة 86 درجة عالية من الأقلمة للأشعة فوق البنفسجية طراز A- مقارنة بالصنف جيزة 45 (Ebrahim, 2005) .

فول الصويا Soybean

لقد سجلت إختلافات معنوية بين 20 صنفاً من فول الصويا في دليل الإستجابة للأشعة فوق البنفسجية طراز B- . فقد بلغ دليل الاستجابة في ستة أصناف < 163.1 ، انتمى خمسة منها إلى الصين ، وبلغ دليل الاستجابة لأكثر هذه الأصناف تحملاً وهو Yunnan 97801 -72.4 . وعلى الجانب الآخر بلغ دليل الاستجابة للأشعة فوق البنفسجية طراز B- في خمسة أصناف حساسة

> 256.٧ ، كان منشأ أربعة منها شمال الصين ، وسجل أكثر هذه الأصناف حساسية وهو Huanxianhuangdou أعلى ضرر بدليل إستجابة قدره 295.7- (LiYuan *et al.*, 2002) .

السلوك الوراثي لمقاومة تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية

طراز B-

Genetic Behaviour of Resistance to UV-B Radiation Effects

تعتبر الدراسات الوراثية التي أجريت لفهم طبيعة وراثية مقاومة نباتات المحاصيل لضرر الأشعة فوق البنفسجية محدودة حتى وقتنا الحالي . غير أن أغلب هذه الدراسات ما أجرى على نبات الأرابيدوبسيس والأرز وعدد قليل من المحاصيل الأخرى .

الأرابيدوبسيس Arabidopsis

تمكن Nakajima ومجموعته البحثية عام (1998) من تعيين الجين UVR_3 المسئول عن المقاومة لضرر الأشعة فوق البنفسجية طراز B- في نبات الأرابيدوبسيس .

وقد أظهر التحليل الوراثي لدياليل الأرابيدوبسيس بين سبعة طرز متباينة في تحمل الأشعة فوق البنفسجية طراز B- عُرِضت لجرعة قدرها 11 KJ/m^2 ، أن القدرة العامة علي الائتلاف كانت معنوية وأكثر أهمية في التحكم الوراثي لصفة ارتفاع النبات والمحصول الخضري ، في حين كانت القدرة الخاصة علي الائتلاف هي الأكثر أهمية في وراثية قطر الثمرة . ويشير ذلك إلي إمكانية تطوير سلالات نقية وهجن من الأرابيدوبسيس عالية التحمل لتأثيرات الأشعة فوق البنفسجية طراز B- (Tarabinyad and Caldwell, 2000) .

الأرز Rice

تمكن Ueda وآخرون (2004) من تحديد ثلاث مواقع وراثية تتحكم في المقاومة للأشعة فوق البنفسجية طراز B- في سلالات التربية BILS الناتجة من برنامج التهجين الرجعي للهجين بين الصنف الهندي الحساس Kasalath مع الصنف الياباني المقاوم Nipponbare . حيث إستنتج أن الإليل *qUVR-10* على الكروموسوم 10 هو الأكثر فاعلية في المقاومة ، وتميزت السلالة الأصلية لإليل الصنف Nipponbare عند ذلك الموقع بالمقاومة مقارنة بالسلالات الأصلية لإليل الصنف الحساس Kasalath . وأضافت الدراسة أن الجين المتحكم في إنتاج انزيم CPD photolyase من الجينات الجديدة للمقاومة. وعلى الجانب الآخر أوضح Hidema ومساعدوه (2005) أن الحساسية للأشعة فوق البنفسجية طراز B- تورث كصفة كمية في صنف الأرز Norin 1 , Surjamkhi .

الذرة الشامية Maize

أظهرت الدراسات الوراثية المتقدمة حدوث تعبير لعديد من الجينات في سلالات الذرة الشامية المتباينة في محتوى الفلافونويد ، حيث لوحظ ذلك في 355 من 2500 دنا المكمل cDNAs إستجابة للأشعة فوق البنفسجية طراز B- (Casati and Walbot, 2003) . كما أمكن تعيين جينات منظمة يستحث تعبيرها أثناء التعرض للأشعة فوق البنفسجية تعرف بجينات الإستجابة للأشعة UV-B (Blanding et al., 2007) .

فول الصويا Soybean

لقد أظهرت الدراسات الوراثية المتقدمة وجود سبعة جينات تحكم الاستجابة للأشعة فوق البنفسجية طراز B- في فول الصويا مسنولة عن تخليق مادة Chalcone رمز لها بالرموز *Chs₁, Chs₂ and Chs₇* .

وتعتبر الجينات Chs_5 , Chs_6 إلى جانب الجين Chs_2 من أكثر الجينات أهمية والتي يستحث فعلها تحت ظروف التعرض للأشعة فوق البنفسجية طراز - B. بينما تعمل الجينات Chs_1 , Chs_2 تحت الظروف العادية (Shimizu et al., 1999).

اللفت Turnip

أشارت التحليلات الوراثية إلى حدوث تعبير لعدد قليل من الجينات تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية طراز A- ، مثل الجين CHS المسئول عن تخليق إنزيم Chalcone synthase وجين F_3H المسئول عن تخليق إنزيم Flavonone-3-hydroxylase . وسجل Bozhou ومساعدوه (2007) حدوث تعبير لعدد من الجينات تحت تأثير مستويات منخفضة من الأشعة فوق البنفسجية .

جهود التربية ودور التقنية الحيوية

Breeding Efforts and Role of Biotechnology

التهجين Hybridization

لعب التهجين والتهجين الرجعي دوراً هاماً في عزل سلالات من الأرز مقاومة لتأثيرات الأشعة فوق البنفسجية طراز B. فقد قام Ueda وآخرون (2004) بتهجين صنف الأرز الياباني المقاوم للأشعة فوق البنفسجية Nipponbare × الصنف الهندي الحساس Kasalath ، وإجراء سلسلة من التهجينات الرجعية مع الصنف المقاوم . وتمكن من عزل عائلات في الجيل الرابع تم اختبار نسلها للمقاومة للأشعة (شكل 5-1) .

كما تمكن Sato وآخرون (2003) من عزل ثلاث سلالات كانت أصيلة لإليل الصنف المقاوم Nipponbare عند الموقع *qUVR10* .

الطفرات Mutations

لقد أمكن بالمطفرات ، عزل عديد من طفرات الأرابيدوبسيس المقاومة لتأثير الأشعة فوق البنفسجية طراز B. بفعل الاستجابة فائقة الحساسية Hypersensitivity reaction ومنها الطفرات UVR_2 , UVR_3 وكذلك الطفرات UVh_1 , UVh_3 . تميزت هذه الطفرات بإنتاجها مستويات عالية من Sinapate esters المسئولة عن الحماية من ضرر الأشعة فوق البنفسجية ، وتحسين تحمل الأصناف لتأثيرات الأشعة فوق البنفسجية طراز B. (Ahmad et al., 1997, Nakajima et al., 1998 and Liu et al., 2001) .

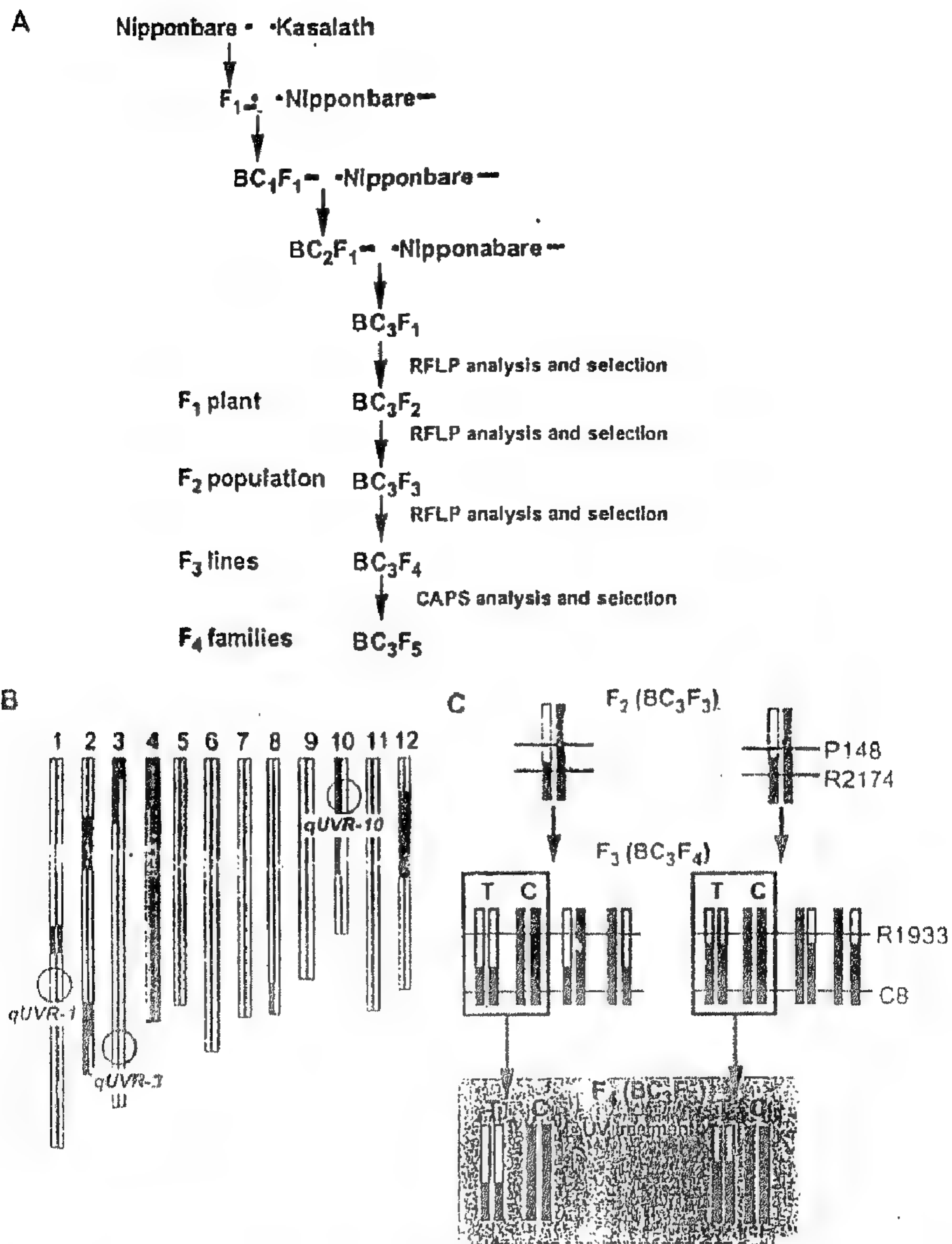
دور معلمات دنا Role of DNA markers

تلعب معلمات دنا دوراً هاماً في تعيين جينات المقاومة في المصادر الوراثية وكمساعات للانتخاب ونقل الجينات وإنتاج أصناف جديدة أكثر تحملاً للجهودات البيئية في وقت أقل من الطرق التقليدية .

وبى هذا الصدد ، فقد أفادت تقنيات RFLP ، CAPS ، QTL في تعيين ثلاثة مواقع وراثية تتحكم في المقاومة للأشعة فوق البنفسجية طراز B. في سلالات التربية الناتجة من التهجين الرجعى للهجين بين الصنف اليابانى Nipponbare المقاوم × الصنف الهندى Kasalath الحساس ، وكان أليل موقع المقاومة *qUVR-10* على الكروموسوم 10 هو الأكثر إختلافاً وفاعلية في المقاومة . وتميزت النباتات الأصلية في أليل الصنف المقاوم Nipponbare عند الموقع *qUVR-10* بأنها أكثر مقاومة للأشعة مقارنة بالنباتات الأصلية لأليل الصنف الحساس Kasalath ، كما أمكن تحديد موقع جديد لجين *CPD photolyase* (شكل 5-2) (Ueda *et al.*, 2004) .

ولقد أظهر تحليل معلمات الصفة الكمية QTL و RFLP لـ 98 سلالة من الأرز في الجيل الرجعى الخامس بين آباء متباينة في المقاومة للأشعة فوق البنفسجية طراز B. وجود 3 مواقع مرتبطة مع الوزن الغض للمجموع الخضرى ومحتوى كلوروفيل نصل الورقة على الكروموسومات 1 ، 3 ، 10 . وأوضح Sato ومعاونوه (2003) أن النباتات الحاملة 'لأليلات الصنف الحساس Kasalath عند موقع الصفة الكمية على الكروموسوم 10 كانت حساسة للأشعة ، مقارنة بالنباتات الحاملة للأليلات على الكروموسوم رقم 1 .

وفى فول الصويا ، أظهر تحليل RT-PCR وجود 7 أعضاء من عائلة الجين *CHs* مسئولة عن تخليق مادة الـ Chalcone تحكم الاستجابة لتأثيرات الأشعة فوق البنفسجية طراز - B فى نبات فول الصويا (Shimizu *et al.*, 1999) .



شكل (2-5) : المواد الوراثية المستخدمة لعمل خريطة دقيقة Fine mapping للموقع $qUVR-10$ في الارز .

A . العشيرة المدروسة ناتجة من التهجين بين الصنف الياباني Nipponbare المقاوم للأشعة فوق البنفسجية والصنف Kasalath الهندي الحساس .

B . التحليل اليباني الوراثي لـ 12 نبات من BC_3F_2 والذي استخدم كنباتات جيل أول F_1 للتحديد الدقيق للموقع $qUVR-10$.

وتشير المناطق السوداء والبيضاء إلى القطع الكروموسومية الآتية من الصنف Kasalath و Nipponbare ، على الترتيب .

وتشير الدوائر إلى مواقع الصفة الكمية QTLs المستنتجة بتحليل مواقع للصفة الكمية .

C . المواد الوراثية من عائلات الجيل الرابع F_4 للكشاف (T) والكنترول (C) والمستخدم في

تجارب اختبارات النسل المتقدمة (عن : Ueda et al., 2004) .

التطويع الوراثي Genetic manipulation

نقد أشارت الدراسات المتقدمة التي قام بها Agrawal ومساعدوه في الهند عام (2002) إلى حدوث حث لعملية نسخ وتنظيم تعبير جين *OSMSRMK2* في الأرز والذي يشفر لتخليق 380 حمض أميني من سلسلة عديد الببتيد الطويلة بمختلف إجهادات البيئة الحيوية وغير الحيوية ، موضحة أهمية دور هذا الجين في مسارات التخليق الحيوي والحماية من المؤثرات البيئية مثل ثاني أكسيد الكبريت والأشعة فوق البنفسجية والأوزون .

وأمكن عزل وكلونة جين *UVR3* المسئول عن الاستشفاء من ضرر الأشعة فوق البنفسجية في نبات الأرابيدوبسيس (Nakajima et al., 1998). كما أمكن عزل بروتين الصدمة الحرارية HSP 17.7 من بادرات الأرز المعرضة لإجهاد حراري 42 ° م لمدة 24 ساعة ، بإستخدام الأجروبوكتريم إلى الصنف Hoshinoyume ، حيث توصل Murakami ومعاونوه (2004) إلى نباتات معدلة وراثياً ببروتين الصدمة الحرارية ، تميزت بمستوى عالي من المقاومة لضرر الأشعة فوق البنفسجية .

كما لوحظ تنظيم للتعبير الجيني في سلالات الذرة الشامية المختلفة في محتوى الفلافونات إستجابة للأشعة فوق البنفسجية طراز B- ، وذلك في 355 من 2500 دنا المكمل cDNAs (Casati and Walbot 2003) .

تجارب تقييم أثر إستبعاد الأشعة فوق البنفسجية طراز B-
على نباتات المحاصيل

Experimental Evaluation of UV-B
Exclusion on Crop Plants

نظراً لتعرض مناطق زراعية شاسعة من العالم لمستويات عالية من الإشعاع بما يؤثر على الزراعات الموجودة . فقد نما الاتجاه لفكر جديد لاستخدام مرشحات على نطاق التجارب تمنع مرور الأشعة الضارة من طيف أشعة الشمس الطبيعي ، ودراسة أثر ذلك على فسيولوجيا النمو والمحصول .

وفي هذا الصدد ، فى الهند قام **Amudha and Kulandaivelu** (2003) بزراعة بعض البقوليات الاستوائية مثل *Vigna radiata* , *Vigna mungo* , *Cyamopsis tetragonoloba* تحت الظروف الحقلية داخل أقفاص معدنية مغطاة بغطاء من البوليستر Polyester الذى يمنع نفاذ كل من الأشعة فوق البنفسجية من النوع A- , B . فى حين غطيت نباتات المقارنة بالبولى إيثيلين Polyethylene والذى يسمح بنفاذ الأشعة فوق البنفسجية ، ويحجب نفس الكمية من منطقة الضوء المرئى ، حيث أظهرت النتائج ما يلى :

1- أدى إستبعاد الأشعة فوق البنفسجية إلى زيادة معنوية فى النمو الخضرى والمحصول فى نبات *Cyamopsis* ، وأظهر النوعين الآخرين إختلافات هامشية .

أظهرت نتائج تجربة SDS-PAGE لبروتين بيتيد الكلوروبلاست حدوث زيادة معنوية في مستوى نشاط نظام التمثيل الضوئي الثاني مع إستبعاد طرازى الأشعة فوق البنفسجية .

3- حدوث ضرر للبادرات النامية تحت ظروف التعرض للأشعة فوق البنفسجية .

كما قام Varalakshmi وآخرون (2003) في الهند بدراسة أثر إستبعاد الأشعة فوق البنفسجية من الطراز A , B على محصول فول الصويا بزراعة الصنف JS 71-05 تحت ظروف مرشحات الفينيل Vinyl filters والتي تمنع نفاذ كل من الأشعة فوق البنفسجية طراز B ($> 320 \text{ nm}$) أو UV-A , UV-B ($> 380 \text{ nm}$) جزء من طيف أشعة الشمس الطبيعي ، حيث أظهرت النتائج ما يلي :

1- صاحب إستبعاد الأشعة فوق البنفسجية من الطراز B زيادة مساحة الأوراق وطول السلاميات وإرتفاع النبات .

2- كان تأثير إستبعاد كل من الأشعة فوق البنفسجية طراز A , B إضافياً Additive والذي أدى إلى تحسين جميع مؤشرات النمو وزيادة عدد قرون النبات ، في حين نقص محتوى حمض الأسكوربيك ووزن البذور ، بينما صاحب إستبعاد الأشعة فوق البنفسجية طراز B حث زيادة وزن البذور .

3- أدى إستبعاد الأشعة فوق البنفسجية طراز B إلى زيادة معنوية في تراكم α -tocopherol في أنسجة الأوراق والعقد ، وقل محتوى α -tocopherol مع إستبعاد كلا نوعي الأشعة .

4- أدى التعرض لـ UV-B إلى إنتاج شقوق فوق الأكاسيد والتي تُختزل بمضاد الأكسدة α -tocopherol ، ومن ثم يقل ضرر الأشعة .

5- صاحب التعرض لأشعة الشمس العادية ، زيادة مستويات مضادات الأكسدة في صورة نشاط إنزيم Guaiacol peroxidase لحماية النبات من عوامل الأكسدة الناتجة بفعل الأشعة فوق البنفسجية B , A .

طرق تقييم مقاومة التراكيب الوراثية للأشعة فوق البنفسجية طراز B.

Evaluation methods of germplasm to UV – B radiation resistance

بالإضافة إلى ما ذكر من الوسائل المستخدمة في تجارب تقييم أثر إستبعاد الأشعة فوق البنفسجية على نباتات المحاصيل سواء باستخدام أقفاص معدنية مغطاه بالبوليستير أو إستخدام مرشحات الفينيل . فإنه يمكن إجراء التقييم أيضاً تحت ظروف غرف النمو أو في أصص تحت ظروف البيوت المحمية إلى جانب التقييم تحت الظروف الحقلية .

1- التقييم تحت ظروف غرف النمو Evaluation under growth chamber conditions

يجرى تقييم أداء التراكيب الوراثية لمقاومة تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية طراز B طبقاً للطريقة الموصوفة بواسطة (Sato and Kumagai, 1997) في الخطوات الآتية :

1- تزرع بذور السلالات على 25 °م نهاراً و 18 °م ليلاً لمدة 12 ساعة فترة ضوئية في غرف نمو صغيرة Growth cabint .

2- يُسمح للبادرات بالنمو على مدى 3 أسابيع تحت ظروف الضوء المرئى ، مع أو بدون التعرض للأشعة فوق البنفسجية طراز B ، مرشحة خلال غشاء من ثنائى أسيتات السليلوز لاستبعاد الأشعة فوق البنفسجية ذات طول الموجة الأقل من 290 نانوميتر ، مع ضبط المسافة بين لمبات الأشعة فوق

البنفسجية طراز B. وعرض الذات لإعطاء تدفق للأشعة لوحدة المساحة قدره $1 \text{ m}^2 / \text{W}$.

3- بعد 3 أسابيع من التعرض ، يجرى تقدير درجة المقاومة للأشعة على أساس :

أ- معدل تأخر النمو على أساس النسبة المئوية للوزن الغض للنباتات المعاملة منسوباً إلى الوزن الغض للنباتات غير المعاملة .

ب- محتوى كلوروفيل الأوراق .

ج- ظهور تغيرات لونية ونكرزة من عدمه .

2- التقييم في أصص تحت ظروف البيوت المحمية

Evaluation in pots under greenhouse conditions

تفيد تجارب الأصص مع التعريض لإجهاد الأشعة فوق البنفسجية طراز B. تحت ظروف محكمة في دراسة التباين في مقاومة الأصناف للأضرار التي تحدثها الأشعة . حيث أفادت في تقييم الفروق بين صنفى الشعير Vyatskii (الحساس) و Syabry (المقاوم) تحت تأثير الإجهاد المزمن بالأشعة فوق البنفسجية طراز B. ($1.33 \text{ m}^2 / \text{W}$)، وكذا إجهاد الكادميوم (10^{-6} مجم/كجم) تربة) .

حيث أجرى Selezenva وآخرون (2002) التقييم على أساس الصفات المورفوفسيولوجية (النمو - الإنتاجية) والخصائص السيتولوجية (التحليل الوراثى للخلايا المرستيمية للجذور) ، وأشارت النتائج إلى ما يلى :

1- أدى التعرض للأشعة فوق البنفسجية طراز B. إلى حدوث انخفاض

معنوى في نمو الصنف الحساس Vyatskii عند بداية فترة التعريض ونهاية مرحلة النمو الخضري بـ 15 و 10 %، على الترتيب ، مقارنة بالصنف المقاوم .

2- دلت نتائج الفحص السيتولوجى على حدوث ضرر للكروموسومات

في الصنفين خلال الانقسام الميتوسى الأول وكان أكثر وضوحاً في الصنف

الحساس ، إلا أنه لوحظ بعد 120 ساعة من الإنبات حدوث إستشفاء Recovery لخلايا الجذور المرستيمية .

3- زادت المقاومة لتأثير الكادميوم فى الصنف المقاوم Syabry مقارنة بالصنف الحساس Vyatskii .

3- التقييم تحت الظروف الحقلية

Evaluation under field conditions

يمكن تقييم مستوى تحمل سلالات وأصناف المحاصيل لتأثيرات الأشعة فوق البنفسجية تحت الظروف الحقلية . وتسمح هذه الطريقة بإمكان غربلة عدد كبير من التراكيب الوراثية ، وممارسة عملية الانتخاب وتقدير المحصول تحت هذه الظروف .

وفى هذا الصدد قام Al-Oudat وآخرون (1998) بتقييم الفروق بين الأنواع فى تحملها للأشعة فوق البنفسجية طراز B- ، بتعريض صنف قمح المكرونة المقاوم للجفاف Horani وصنف من الفول البلدى الحساس للجفاف ، يومياً لجرعة من الـ UV-B تراوحت من 1.34 J/Cm^2 عند الإنبات ، وبلغت 6.33 J/Cm^2 عند الحصاد بجانب معاملة المقارنة لدراسة تأثير الـ UV-B على المراحل الفينولوجية للمحصولين . وأشارت النتائج إلى ما يلى :

1- أدى التعريض لـ UV-B خلال مراحل النمو الخضرى إلى زيادة موجبة ومعنوية فى صفات مساحة الأوراق وارتفاع النبات وعدد الأفرع والمادة الجافة فى النوعين .

2- أظهرت تقديرات المحصول عند الحصاد ، تماثل محصول البذور فى الفول البلدى تقريباً تحت معاملات التعريض وعدم التعريض ، بينما فى القمح فقد زاد عدد السنابل ومحصول الحبوب معنوياً .

3- : النتائج على أن الأنواع المقاومة للجفاف مثل القمح تتميز بدرجة حماية عالية ضد تأثيرات الـ UV-B مقارنة بالأنواع الحساسة للجفاف مثل الفول البلدى .

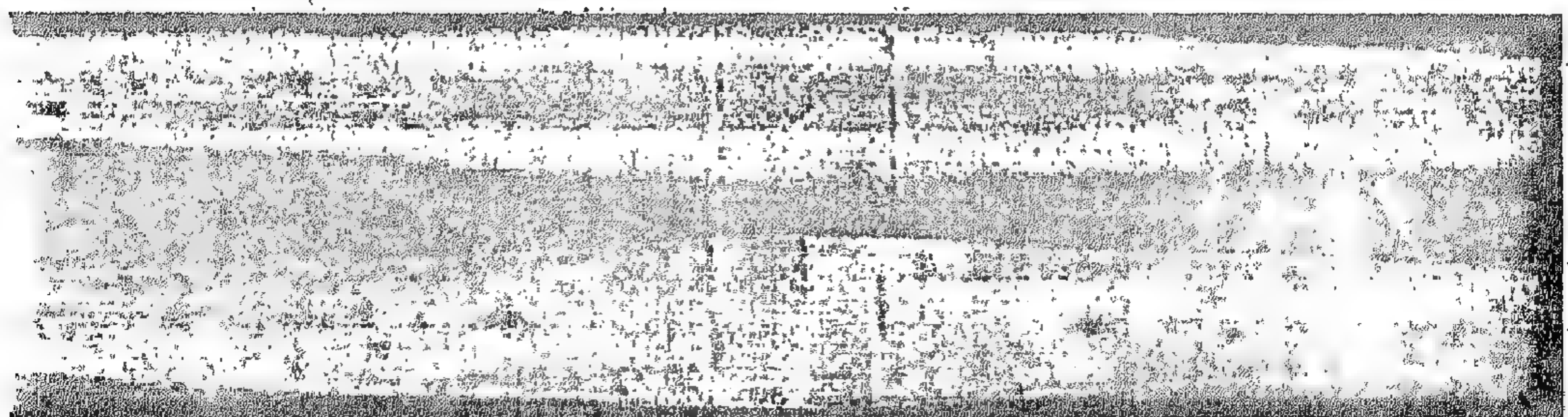
نظام التقييم Scoring system

يمكن تقسيم التراكيب الوراثية على حسب حساسيتها للأشعة فوق البنفسجية طراز UV-B إلى ما يلى :

- أصناف مقاومة : تتميز بعدم وجود أو وجود نكرزة Necrotic lesions دقيقة جداً على الأوراق .

- أصناف حساسة : تتميز بوجود عدد كبير من المناطق الميتة على الأوراق تؤدي إلى تجعد وإنكماش Shrinking الأوراق (شكل 5 - 3) (عن : Ueda et al., 2004) .

كما يعتمد الباحث على مؤشرات النمو والصفات الفسيولوجية والكيموحيوية فى عملية التقييم .



شكل (5 - 3) : الأضرار الناتجة عن تأثير الأشعة فوق البنفسجية على أوراق نبات الأرز . يلاحظ ظهور تغيرات لونية ونكرزة مصحوباً بموت الأنسجة .

المراجع

أولاً : المراجع العربية :

- أبو الروس ، سمير عبد الوهاب والغرباوى ، محمدى إبراهيم وهوله ، شوقى شبل (1992).
خصوبة الأراضى وتغذية النبات. التعليم المفتوح - جامعة القاهرة .
- البشبيشى ، طلعت رزق وشريف ، محمد أحمد (1998) . أساسيات فى تغذية النبات . دار النشر
للجامعات . مصر .
- حسن ، أحمد عبد المنعم (1995). الأساس الفسيولوجى للتحسين الوراثى فى النبات (التربية لزيادة
الكفاءة الإنتاجية وتحمل الظروف البيئية القاسية) . المكتبة الأكاديمية ، القاهرة.
- سالم ، عبد الحميد حسن وعواد ، حسن عودة (2004) . تربية المحاصيل لمقاومة الأمراض
والحشرات وبعض الآفات الزراعية الأخرى . الضوى للطباعة والنشر .
- عبد الرحمن ، أبو شبانة مصطفى (2005). مبيدات الآفات . رؤية عامة . الأسس العلمية ...
مجالات الاستخدام والتأثيرات البيئية . الجزء الثانى - التأثيرات البيئية . الدار العربية
للنشر والتوزيع .
- عبد العال ، شفيق إبراهيم وشوقى ، محمد عصام والغرباوى ، محمد إبراهيم وعبد الحميد ، ماهر
عبد المحسن (1997). الأراضى . مطابع جامعة القاهرة.
- عبد العظيم ، محمد نجيب (1997). الرى ، الأساليب والتطبيق فى استصلاح الأراضى . مطابع
جامعة الإسكندرية .
- هميسه ، محمد رياض ؛ نبيل المويلحى وسالم يوسف سالم (1998) . المخصبات الزراعية
والاقتراحات الخاصة بترشيدها . معهد بحوث الأراضى والمياه والبيئة - مركز
البحوث الزراعية - الجيزة - مصر .

ثانياً : المراجع الأجنبية :

- Abd El-Aal, A.N.A. ; F.M. Ismail and M.A.A. El-Sayed (2007). Mean
performance, correlation and path coefficient under irrigation with
saline water in some genotypes of peanut (*Arachis hypogaea* L.).
Zagazig J. Agric. Res. 34 (1) : 25 – 42.
- Abd El-Ghani, A.M. and A.M. Awad (1999). Adaptation of some wheat
genotypes to nitrogen deficiency under new lands conditions. Proceed.
First Pl. Breed. Conf. December 4 , 1999 (Giza). P. 89 – 99.
- Abd El-Halim, A.Z. ; A.M. Rammah ; M.A. El-Nahrawy and G.S. Mikhiel
(1998). Evaluation of alfalfa cultivars in sandy and calcareous soils.
Egypt. J. Plant Breed. 2 : 35 – 42.
- Abd El-Hameed, A.M. ; M. I. Atta And H.Z. Abd El- Salam (2003). The
influence of nitrogen sources on growth, yield and protein content of
faba bean in salt affected soils. Al-Azhar J. Agric. Res. 37 : 223 – 232.

- Abd El-Mawly, S.E. and I. Zanouny (2004).** Response of sugar beet (*Beta vulgaris*, L.) to potassium application and irrigation with saline water. Ass. Univ. Bull. Environ. Res. 7 (1) : 123 – 136.
- Abd El-Mawly, S.E. ; A.S. Abo-Elhamd and Kh.A. El-Aref (2005).** Comparative studies of two irrigation systems and three levels of potassium fertilization on two sorghum cultivars. Assiunt J. of Agric. 36 (5) : 55 – 73.
- Abd El-Tawab, F.M. ; E.M. Fahmy ; A. Bahieldin and H.F. Eissa (1997).** Molecular markers for salt tolerance in some inbreds of maize (*Zea mays* L.). Arab Universities Journal of Agricultural Sciences., 5 (2) : 389 – 417.
- Abdrabo, R.T. and A.A. Reda (1994).** Isolation and culture protoplasts. 1- Salt tolerance of some wheat cultivars through protoplast culture. Annals of Agric. Sci. Moshtohor, 32 (4) : 1741 – 1748.
- Abdul Galil, A.A. ; E.M. El-Naggar ; H.A. Awaad and T.S. Mokhtar (2003).** Response of two faba bean cultivars to different N , P and K levels under sandy soil conditions. 1. Nodulation, flowering and shedding attributes. Zagazig J. Agric. Res. 30 (5) : 1787 – 1808.
- Abdul Galil, A.A. ; R.M. Aly ; A.T. Badawi and S.T. Sallam (2005).** Yield and nitrogen use efficiency of two rice cultivars of different growth durations under algalization and splitting of two N fertilization levels. Zagazig J. Agric. Res. 32 (3) : 679 – 700.
- Abel, G.H. and A.J. Mackenzie (1964).** Salt tolerance of soybean varieties during germination and later growth. Crop Sci., 4, 157.
- Abeledo, L.G. ; D.F. Calderini and G.A. Salfer (2003).** Genetic improvement of yield responsiveness to nitrogen fertilization and its physiological determinants in barley. Euphytica 133 : 291 – 298.
- Abifarín, A.O. (1986).** Inheritance of tolerance to iron toxicity in two rice cultivars. pp. 423 – 27. In : Rice Genetics. Proc. Int. Rice Genetics Symp.' 27 – 31. May, 1985. Manila, Philippines, IRRI (1986), Manila, Philippines.
- Abo – El-Wafa, A.M. and E.A. Abd El-Lattief (2006).** Response of some sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars to fertilization treatments by micronutrients, biofertilizer and humix. Assuit J. of Agric. Sci. 37 (1) : 55 – 65.
- Abo-Hegazi, A.M.T. (2007).** Paddy yield of drought tolerant mutants under salinity and water stress in two types of soil. Proceed. 4th Pl. Breed. Conf. May 7, 2007 (Giza). Egypt J. Plant Breed. 11 (2) : 641– 646 .
- Abraham, M.J. and D.K. Pandey (1989).** Performance of selected varieties and advanced generation genotypes in rainfed low and iron – toxic soils. Int. Rice Newsl. 14 : 16.

- ACRE. (1996). Genetically modified herbicide tolerant crops : discussion paper. Advisory Committee on Releases to the Environment. ACRE / 96 / p. 23. London. UK. Department of the Environment.
- Afiah, S.A.N. (2001). Stability of grain and straw yield in barley under South Sinai saline conditions. 2nd Pl. Breed. Conf. October 2, 2001 (Assuit University) p. 151 – 165.
- Afiah, S.A.N. ; M.Sh. Abd El-Maabood and A.I. Hassan (2001). Performance of some local and introduced barley genotypes under salinity stress conditions of Ras-Sudr. 2nd Pl. Breed. Conf., October 2, 2001 (Assiut Univ.) P 167 – 179.
- Afiah, S.A.N. and I.H.I. Darwish (2003). Response of selected F5 bread wheat lines under abiotic stress conditions. Proceed. Third. Pl. Breed. Conf. 7(1). 181– 193 (Special Issue).
- Afiah, S.A.N. and E.M. Ghoneim (1999). Evaluation of some Egyptian cotton *Gossypium barbadense* L: varieties under desert conditions of South Sinai. Ann. Agric. Sci., Ain Shams Univ., Cairo, 44 (1) : 201 – 211.
- Afifi, A.H.A. ; A.H. Abd El-Hadi ; A. Abd El-Rehim Salwa and M.S. Khadr (1995). Technological and yield characteristics of Giza 75 cotton cultivar as related to the quality of irrigation water at various rates of potassium fertilization. Egypt. J. Appl. Sci., 10 (5) : 277 – 298.
- Agrawal, G.K. ; R. Rondeep ; H. Iwahashi and R. Rakwal (2002). Isolation of novel rice (*Oryza sativa* L.) multiple stress responsive MAP kinase gene OSMSRMK2, whose mRNA accumulates rapidly in response to environmental cues. Biochimial and Biophysical Research Communications 294 (5) : 1009 – 1016.
- Agrawal, V.K. ; S.K. Dwivedi ; S. Shrivastava and R.S. Patel (2003). Pattern of nutrient accumulation in soybean (*Glycine max* L. Merr.) plant parts as influenced by phosphorus and zinc levels. Abstracts. 2nd International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 408.
- Ahmad, A.A. ; M.Sh. Reiad ; M. Yasein ; F.S. Abd-El-Samie and A.M. Tolba (2006). Correlation and path coefficient analysis for wheat yield variations of some genotypes under drought and salinity conditions. Egypt. J. Plant Breed. 10 (1) : 101 – 115.
- Ahmad, M. ; J.A. Jarillo ; L.J. Klimczak ; L.G. Landry ; T. Peng ; R.L. Last and A.R. Cashmore (1979). An enzyme similar to animal type II photolyase mediates photoreactivation in *Arabidopsis*. Plant Cell 9 : 199 – 207.
- Ahmad, M.F. and M.M. El-Menshawi (2006). Heterosis, combining ability and biochemical genetic markers for salt tolerant genotypes in grain sorghum Egypt. J. Plant Breed. 10 (1) : 117 – 130.

- Ahmed, S.M.M. (2008).** Response of wheat to fertilization under sandy soil conditions. Ph.D Thesis, Agron. Dept., Fac. of Agric., Zagazig Univ., Egypt.
- Ahsan, M. ; D. Wright and D.S. Virk (1996).** Genetic analysis of salt tolerance in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). Cereal Research Communications. 24 (3) : 353 – 360.
- Alam, S.M. ; A.R. Azmi and S.S.M. Naqui (1989).** Genotypic variations in mineral uptake of rice mutants and parents. Int. Rice Res. Newsl. 14 (5) : 8.
- Alcantara, E. and M.D. Guardia (1987).** Inheritance of response of sunflower inbreds to a low calcium / magnesium ratio. PP. 393 – 397. In : **W.H. Gabelman and B.C. Loughman (eds.).** Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition. Dordrecht, Netherlands ; Martinus Nijhoff.
- Allen, S.G. ; A.K. Dobrenz ; M. Schonhorst and J.E. Stoner (1985).** Heritability of NaCl tolerance in germinating alfalfa seed, Agron. J., 77, 99.
- AL-Naggar, A.M. ; D.S. Darwish ; A. Mchughen ; D.A. EL-Kadi and M.A. Koronfel (1998).** Transformation of *ALS* gene conferring sulfonylurea herbicides resistance to Egyptian and Canadian flax. Egypt. J. Plant Breed. 2 : 27 – 33.
- Al-Oudat, M. ; S.A. Baydoun and A. Mohammad (1998).** Effects enhanced UV-B on growth and yield of two Syrian crops wheat (*Triticum durum* var. Horani) and broad beans (*Vicia faba*) under field conditions. Environmental and Experimental Botany 40 (1) : 11 – 16.
- Altinkut, A. ; K. Kazan ; Z. Ipekci and N. Gozukirmizi (2001).** Tolerance to paraquat is correlated with the traits associated with water stress tolerance in segregating F₂ populations of barley and wheat. Euphytica. 121 (1) : 81 – 86.
- Amann, A. (1997).** Technical performance. Roundup ready oilseed rape . Advantages and technical challenges to the arable farmer. Monsanto life sciences seminar 25 – 26th November. Brussels, Belgium.
- Ammar, M.H.M. ; S. Monir ; R.K. Singh ; T. Mohapatra and N.K. Singh (2007).** Diversrty analysis of rice varieties differing in salt tolerance. Proceed. 5th Plant Breed. Conf. May 27, 2007 (Giza). Egypt. J. Pl. Breed. 11 (2) : 543 – 550 (Special Issue).
- Amudha, P. and G. Kulandaivelu (2003).** Solar UV radiation induced damages in tropical legumes as evidenced by exclusion studies. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 445.
- Angrish, R. ; C. Rani ; K.S. Dotta ; I.S. Sheoran ; B. Kumar ; S. Bishnoi and Devi (2003).** Studies on the effect of sodium chloride and boron on reactive on oxygen species scavenging system in *Triticum aestivum*

- L. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 209.
- Aniol, A.M. (1995). Physiological aspects of aluminium tolerance associated with long arm of chromosome 2 D of the wheat (*Triticum aestivum* L.) genome. Theor. Appl. Genet 91 : 510 – 516.
- Anon., (1998). Imidazolinine – Resistant Canola : A Technical Information Report. American Cynamid Company, Princeton, N.J.
- Anonymous (2001). Recommendation Technique for Agricultural Pest Control. Ministry of Agriculture & Reclamation Soil, Egypt (In Arabic).
- Anonymous (2007). Recommendation Techniques in Field Crops. ARC, Giza, Egypt.
- Arakawa, K. ; K. Mizuno ; S. Kishitani ; T. Takabe and N. Murata (1992). Betaine aldehyde dehydrogenase protein is present in leaves of both betaine accumulators and nonaccumulators in various cereal plants. Res. Photosynth., 4 : 247 – 250.
- Archana, C. and K. Paramjit (2003). Herbicide-resistance- transgenics of bread wheat (*T. aestivum*) and emmer wheat (*T. dicoccum*) by particle bombardment and Agrobacterium- mediated approaches. Current Science 84 (1) : 78 – 83.
- Asch, F. ; M. Dingkuhn and K. Dorffling (1997). Physiological stresses of irrigated rice caused by soil salinity in the Sahel. In : Irrigated Rice in the Sahel : Prospects for Sustainable Development K.M. Miezian, M.C.S. Woperies, M. Dingkuhn, J. Deckers and T.F. Randolph (eds.) West Africa Rice Development Association, pp. 247 – 274.
- Ashraf, M. (1994). Breeding for salinity tolerance in plants. Crit Rev. Plant Sci., 13 : 17 – 42.
- Ashraf, M. and Aasiya Khanum (1997). Relationship between ion accumulation and growth in two spring wheat lines differing in salt tolerance at different growth stages. J. Agron. & Crop Sci. 178, 39 – 51.
- Ashraf, M. and J.W. O Leary (1996). Responses of some newly developed salt tolerant genotypes of spring wheat to salt stress : I. Yield component and ion distribution. J. Agronomy & Crop Science 176, 91 – 101.
- Aulinger, I.E. ; S.O. Peter ; J.E. Schmid and P. Stamp (2003). Rapid attainment of a doubled haploid line from transgenic maize (*Zea mays* L.) plants by means of anther culture. In Vitro Cellular and Developmental Biology Plants. 39 (2) : 165 – 170.
- Aumaitre, A. ; K. Aulrich ; A. Chesson ; G. Flachowsky and G. Piva (2002). New feeds from genetically modified plants : substantial. equivalence,

- nutritional equivalence, digestibility, and safety for animals and the food chain. *Livestock production. Science.* 74 (3) : 223 – 238.
- Authority of the Atlantic Provinces Agricultural Services Coordinating Committee, Canada (1988).** Sulfur in soils and crops in Atlantic Canada. Publ. No. 538 – 88 P. 7.
- Awal, M.A. ; M.A. Islam and M.T. Islam (2000).** Genetic variation in photosynthetic area and Floret – Fertility of wheat under nitrogen stressed condition. *Bangladesh J. of Training and Development.* 13 (1 / 2) : 129 – 140.
- Azhar, F.M. and T.M. Khan (1997).** The response of nine sorghum genotypes to NaCl salinity at early growth stages. *Journal of Animal and Plant Sciences (Pakistan).* 7 (1 – 2) : 29 – 31.
- Azhar, F.M. ; S.S Hussain ; Ishtiaq-Mahmood and I. Mahmood (1998).** Heterotic response of F₁ sorghum hybrids to NaCl salinity at early stage of plant growth. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research.* 41 (1) : 50 – 53.
- Azzam, C.R. ; H.A.M. Moustafa and I.M. Amer (2006).** Stability analysis and protein patterns of canola genotypes grown under diverse agro-ecological conditions. *Egypt. J. Plant Breed.* 10 (1) : 131 – 148.
- Babu, C.R. ; C. Vijayalakshmi and M. Djanaguivaman (2003).** Efficient screening indices for salt tolerance in rice genotypes. *Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 194.*
- Bacha, R.E. and T. Ishiy (1987).** Breeding irrigated rice genotypes for resistance to iron toxicity. *Lavoura Arrozeira* 40 (376) : 20 – 21.
- Bacha, R.E. and T. Ishiy (1988).** The evaluation of lines and cultivars of irrigated rice for resistance to iron toxicity. Pp. 184 – 90. In : *Anais 17^a Reunia da Cultura do Arroz Irrigdo, Pelotes, Rs de 26 a 30 de Setembro de 1988. Pelotes Brazil ; Centro de Pesquisa Agropecuaria de Terras Baixas de Clima Tembaroda.*
- Baier, A.C. ; D.J. Somers and J.P. Gustafson (1995).** Aluminium tolerance in wheat : correlating hydroponic evaluations with field and soil performances. *Plant Breeding* 114 : 291 – 296.
- Banziger, M. and H.R. Lafitte (1997).** Efficiency of secondary traits for improving maize for low nitrogen target environments. *Crop Sci.* 37 : 1110 – 11.
- Barakat, M.N. and T.H. Abd El-Latif (1996).** In vitro selection of wheat callus tolerant to high levels of salt and plant regeneration. *Eyphytica* 91 : 127 – 140.
- Barber, S.A. (1976).** Efficient fertilizer use. Pp 13 – 29. In *Agronomic Research for Food, F.L. Patterson, Ed. Am. Soc. Agron. Sp. Publ. 26, Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin.*

- Barinaga, M. (1997). Making plants aluminum tolerant. *Science* 276 : 1497 – 1498.
- Barrentine, W.L. ; C.J. Edwards, Jr and E.E. Hartwig (1976). Screening soybeans for tolerance to metribuzin. *Agron J.* 68 : 351 – 353.
- Barriga, B.P. and A.A. Proschle (1996). Herencia del contenido y de la eficiencia de utilizacion del fosforo en trigo. *Agro– Ciencia* 12, 43– 49.
- Barros, M.D.C. and T.A. Dyer (1988). Atrazine resistance in the grass *Poa annua* is due to a single base change in the chloroplast gene for the D₁ protein of photosystem II. *Theoretical and Applied Genetics* 75, 610– 16.
- Batagwa, O.C. and H.A.A. Mascarenhas (1981). Iron toxicity in soybean. *Bragantia* 40 : 194 – 203.
- Beckie, H.J. ; L.M. Hall and S.I. Hume (2001). Impact of herbicide – resistant crops as weeds in Canada. *Proc Brighton Crop Protect Conf. Weeds* : 135 – 142.
- Begam, M. ; K.N. Srivastava ; Rai, M. and G. Kaur (2003). Ectoine, the compatible solute of *Marinococcus halophilus* confers salt tolerance in transgenic tobacco.. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 196.
- Bernard, R.L. and R.W. Howell (1964). Inheritance of phosphorus sensitivity in soybeans. *Crop Sci.* 4 : 298 – 99.
- Bernstein, L. ; L.E. Francois and R.A. Clark (1974). Interactive effect of salinity and fertility on yields of grains and vegetables. *Agron. J.* 66 : 412 – 421.
- Berversdorf, W.D. ; D.J. Hume and M.J. Donnelly – Vanderloo (1988). Agronomic performance of triazine – resistant and susceptible reciprocal spring canola hybrids. *Crop Sci.* 28 : 932 – 934.
- Bisht, N.C. ; P.K. Burma and Decpak-Pental (2004). Development of 2, 4 – D – resistant transgenics in Indian oilseed mustard (*Brassica juncea*). *Current Science.* 87 (3) : 367 – 370.
- Blackshaw, R.E. ; D. Kanashiro ; M.M. Moloney and W.L. Crosby (1994). Growth yield and quality of canola expressing resistance to acetolactate synthase inhibiting herbicides. *Can J. Plant Sci.* 74 : 745 – 751.
- Blaha, L. and V. Petrikova (1991). Possibilities of selecting wheat varieties for emission sites. *Rostlinna Vyroba* 37 : 323 – 32.
- Blanding, C.R. ; S.J. Simmons ; P. Casati ; V. Walbot and A.E. Stapleton (2007). Coordinated regulation of maize genes during increasing exposure to ultraviolet radiation : Identification of ultraviolet responsive genes, functional processes and associated potential promoter motifs. *Pl. Biotech. J.* 5 (6) : 677.
- Blum, A. (1988). Plant breeding for stress environments. CRC Press, Boca Raton, FL.

- Borgonovi, R.A. ; R.E. Schaffert ; G.V.E. Pitta ; R. Magnavaca and S.U.M.C. Aliue (1985).** Aluminum tolerance in sorghum. In : Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition. 16 – 20 June, 1985. Madison, U.S.A.
- Boursier, P. and A. Lauchli (1990).** Growth responses and mineral nutrient relations of salt-stressed sorghum. *Crop Sci.* 30 : 1226 – 1233.
- Boye – Goni, S.R. and V. Marcarian (1985).** Diallel analysis of aluminium tolerance in selected lines of grain sorghum. *Crop Sci.* 25 : 749 – 755..
- BoZhou, Y. Li ; Z. Xu ; H. Yan ; S. Homna and S. Kawabata (2007).** Ultraviolet A-specific induction of anthocyanin biosynthesis in the sowllen hypocotyls of turnip (*Brassica rapa*). *J. Experimental Botany* 58 : 1771 – 1781
- Bozorgipour, R. and J.W. Snape (1997).** An assessment of somaclonal variation as a breeding tool for generating herbicide tolerant genotypes in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica* 94 : 335 – 340.
- Brancourt – Hulmel, M. ; E. Heumez ; P. Pluchard ; D. Beghin ; C. Depatureaux ; A. Ciraud and J. Le. Gouis (2005).** Indirect versus direct selection of winter wheat for low – input or high – input levels. *Crop Sci.* 45 (4) : 1427 – 1431.
- Breaux, E.J. ; E.F. Sanders and J.E. Patanella (1985).** Biochemical indicators of herbicide phytotoxicity : Stress glutathione analysis. *Proc. North Central Weed Control Confer.* 40 : 124.
- Bregitzer, P. and D. Tonks (2003).** Inheritance and expression of transgenes in barley. *Crop Sci.* 43 (1) : 4 – 12.
- Brkic, I. ; D. Simic ; Z. Zdunic ; A. Jambrovic ; T. Ledencan ; V. Kovacevic and I. Kadar (2003).** Combining abilities of corn belt inbred lines of maize for mineral content in grain. *Maydica* 48 (4) : 293 – 297.
- Brkic, I. ; D. Simic ; Z. Zdunic ; A. Jambrovic ; T. Ledencan ; V. Kovacevic and I. Kadar (2004).** Genotypic variability of micronutrient element concentrations in maize kernels. *Cereal Research Communications* 32 (1) : 107 – 112.
- Brown, J.C. and W.E. Jones (1977 a).** Manganese and iron toxicities dependent on soybean variety. *Commu. Soil. Sci. Plant Anal.* 8:1 – 15.
- Brown, J.C. and W.E. Jones (1977 b).** Fitting plants nutritionally to soils. 1 : soybeans. *Agron. J.* 69 : 399 – 404.
- Brugnoli, E. and M. Lauteri (1991).** Effects of salinity on stomatal conductance, photosynthetic capacity, and carbon isotope discrimination of salt-tolerant (*Gossypium hirsutum*, L.) and salt-sensitive (*Phaseolus vulgaris*, L.) C₃-non-halophytes. *Plant Physiol.* 95 : 628 – 635.
- Burman, U. ; B.K. Garg and S. Kathju (2003).** Interactive effects of nitrogen and sulphur on Indian mustard under an irrigation gradient. *Abstracts :*

2nd International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 369.

- Cakmak, I. ; R.M. Welch ; J.Hart ; W.A. Norvell ; L. Ozturk and L.V. Kochian (2000).** Uptake and retranslocation of leaf – applied cadmium (¹⁰⁹Cd) in diploid, tetraploid and hexaploid wheats. *J. of Experimental Botany* 51 (343) : 221 – 226.
- Camargo, C.E. de O. (1985).** Melhoramento do trigo. XI. Estudo da tolerancia a toxicidade de ferro. *Bragantia* 44 : 87 – 96.
- Canola Council of Canada (2001).** An Agronomic and Economic Assessment of Transgenic Canola. [http : // www. Canola-council . org production / gmo-toc. Html.](http://www.Canola-council.org/production/gmo-toc.html)
- Cao, Y. and K.R. Schubert (2001).** Molecular cloning and characterization of a cDNA encoding soybean nodule IMP dehydrogenase. *Biochimica et Biophysica Acta, Gene Structure and Expression* 1520 (3) : 242 – 246.
- Carlson, J.R. ; J.M. Jr ; Ditterline ; D.C. Sands and R.E. Lund (1983).** Alfalfa seed germination in antibiotic agar containing NaCl. *Crop Sci.* 23, 882.
- Carter, D.L. (1969).** Managing moderately saline (Salty) irrigation waters. Univ. Idaho Curr. Inp. Ser. No. 107.
- Cartwright, B. ; B.A. Zarcinas and L.R. Spouncer (1986).** Boron toxicity in south Australian barley crops. *Aust. J. Agric. Res.* 37 : 351 – 359.
- Casas, A.M. ; D.E. Nelson ; K.G. Raghnother ; M.P. D Urzo ; N.K. Singh ; R.A. Bressan and M. Hasegawa (1992).** Expression of osmotin-like genes in the halophyte *Atriplex nummularia* L. *Plant Physiol.* 99 : 329 – 337.
- Casati, P. and V. Walbot (2003).** Gene expression profiling in response to ultraviolet radiation in maize genotypes with varying flavonoid contents. *Plant Physiology* 132 : 1739 - 1754.
- Champagnol, F. (1979).** Relationship between phosphate nutrition of plants and salt toxicity. *Phosphate Agric. C.* 76 : 35 - 43.
- Chaubey, C.N. ; D. Senadhira and G.B. Gregorio (1994).** Genetic analysis of tolerance for phosphorus deficiency in rice. *Theor. Appl. Genet.* 89 : 313 – 317.
- Chauhan, Y.S. (1984).** Screening for tolerance to salinity and water logging : case studies with pigeonpea (*Cajanus cajan*) and chickpeas (*Cicer arietinum*). In : Consultants Workshop on Adaptation of Chickpea and Pigeonpea for Tolerance to Abiotic stresses, ICRISAT, Patancheru, India, December 1984 (multilith).
- Chauhan, B.S. Ashok-Yadav and R.K. Malik (2001).** Competitive wheat genotypes under zero tillage : an important tool to manage resistant *Phalaris minor*. *Indian J. of Weed Science.* 33 (1 / 2) : 75 – 76.

- Chopra, V.L. (2001).** Breeding Field Crops. Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd. New Delhi.
- Chopra, N.K. and N. Chopra (1997).** Effect of saline water on performance of wheat varieties in Western Rajasthan. Indian J. of Agronomy. 42 (3) : 468 – 470.
- Chowdhry, A.R. and R.E. Allan (1963).** Inheritance of coleoptile length and seedling height and their relation to plant height of four winter wheat crosses. Crop Sci. 3 : 53 – 58.
- Christoffers, M.J. ; M.L. Berg and C.G. Messersmith (2002).** An isoleucine to leucine mutation in acetyl – CoA carboxylase confers herbicide resistance in wild oat. Genome 45 (6) : 1049 – 1056.
- Cianzio, S.R. de and W.R. Fehr (1982).** Variation in inheritance of resistance to iron deficiency chlorosis in soybeans. Crop. Sci. 22 : 433 – 434.
- Clark, R.B. (1976).** Plant efficiencies in the use of calcium, magnesium and molybdenum. PP. 175 – 191. In : **M.J. Wright (ed.).** Plant Adaptation to Mineral Stress in Problem Soils. Cornell Univ. Agric. Exp. Stn. Spec. Publ. 420 pp.
- Clark, R.B. (1978).** Differential response of maize to zinc. Agron. J. 70:1057 – 1060.
- Clark, R.B. (1982a).** Mineral nutritional factors reducing sorghum yields : micronutrient and acidity. In : **P.R. Rao (ed.).** Sorghum in the Eighties. ICRISAT Symposium. New Delhi, India ; Oxford and IBH Pub. Co.
- Clark, R.B. (1982b).** Plant response to mineral element toxicity and deficiency. In : **M.N. Christiansen and C.F. Lewis.** Breeding Plants for Less Favorable Environments, P. 71 – 142. John Wiley and Sons.
- Close, T.J. ; A.A. Kortt and P.M. Chandler (1989).** A cDNA-based comparison of dehydration-induced proteins (dehydrins) in barley and corn. Plant Mol Biol, 13 : 95 – 108.
- Cooke, G.W. (1987).** Maximizing fertilizer efficiency by overcoming constraints to crop growth. J. Plant Nutr. 10 : 1357 – 1369.
- Correia, C. M.; E. L. V. Areal; M. S. Thorres- Pereira and J. M. G. Torres- Pereira (1998).** Intraspecific variation in sensitivity to ultraviolet- B radiation in maize grown under field conditions. I. Growth and morphological aspects. Field Crops Research 59 (2) : 81- 89.
- Crooks, H.L. ; A.C. York and D.L. Jurdan (2004).** Tolerance of six softred winter wheat cultivars to AEF 130060 00 plus F 115008 00. Weed Technology. 18 (2) : 252 – 257.
- Cruz, V. ; J. Cuartero ; M.C. Bolaril and M. Romer (1990).** Evaluation of characters for ascertaining salt stress responses in *Lycopersicon* species . J. Amer Soc. Hort Sci. 115 : 1000 – 1003.

- Cuthbert, J.L. ; P.B.E. Mc Vetty ; G. Freyssinet and M. Freyssinet (2001). Comparison of the performance of bromoxynil resistant and susceptible near-isogenic populations of oilseed rape. Can J. Plant Sci. 81 : 367 – 372.
- Dangarwala, R.T. and B.K. Patel (1981). Screening of rice varieties for susceptibility of zinc deficiency. Gujarat Agric. Univ. Res. J. 7 : 49 – 52.
- Darwish, D.S. ; M.M.F. Abdalla ; H.A. Saber and M.T. Sadik (2007). Investigations on faba beans, *Vicia faba* L. 22-reaction of six faba bean genotypes and Orobanche to the herbicide glyphosate. Proceed. Fifth Pl. Breed. Conf. May 27, 2007 (Giza) P. 401 – 409.
- Darwish, D.S. ; M.M.F. Abdalla ; S.A. Mahmoud and T.S. Elmarsafawy (2003). Investigations on faba beans, *Vicia faba* L. 18 – prformance of some breeding materials in saline affected soils. Proceed. Third Pl. Breed. Conf. April 26, 2003 (Giza). Egypt. J. Plant Breed. 7 (1) : 347 – 361 (Special Issue).
- Das, S. and K.K. Baruah (2003). Effect of higher levels of iron in the growth medium on growth and yield of rice. Abstr. : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 391.
- Deblock, M. ; D. De Brouwer and P. Tenning (1989). Transformation of *Brassica napus* and *Brassica oleracea* using *Agrobacterium tumefaciens* and the expression of the *Bar* and *Neo* genes in the transgenic Crops. Br Crop Protection Council 72 : 109 – 116. Farnham.
- Deeken, R. ; P. Ache ; K. Philippar and R. Hedrich (2001). Apoplastic factors regulate the AKT2 / 3 – type potassium channels. Fourteenth International Plant Nutrition colloquium, Hannover, Germany 2001, 248 – 249.
- Deng , F. ; J. Jelesko ; C.L. Cromer ; J.R. Wu and K.K. Hatzios (2003). Use of an antisense gene to characterize glutathions S. transferase functions in transformed suspension cultured rice cells and calli. Pesticide Biochemistry and Physiology. 75 (1 / 2) : 27 – 37.
- Deshmukh, P.S. ; R.K. Sairam ; S.R. Kushwaha and T.P. Singh (2003). Simple indices for measuring stress tolerance in crop plants. Abstr. : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 148.
- Dev, G. and M.S. Bajwa (1972). Studies on salt tolerance of sugarcane. Indian Sugar 22 : 723 – 726.
- Dewey, D.R. (1962). Breeding crested wheatgrass for salt tolerance. Crop Sci., 2, 403.
- Dhawan, R.S. ; A.K. Dhawan ; S. Kaila and R. Moudgil (2005). Assessment of variation in isoproturon in susceptible and resistance

- biotypes of *phalaris minor* Retz. by RAPD analysis. Indian J. of Biotechnology. 4 (4) : 534 – 537.
- Dhayal, L.S. ; E.V. Divakara Sastry and M.L. Jakhar (2003).** Genetic architecture of yield and its component traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) grown under saline and normal environments. Indian J. Genet, 63 (4) : 335 – 336.
- Diaz-de Leon, J.L. ; Carrillo-Laguna, M. Rajaram, S. ; Mujeeb-Kazi, A. Leon, L.D. and J.L.D. Leon-de (1995).** Rapid *in vitro* screening of some salt tolerant bread wheats. Cereal Research Communications 23 (4) : 383 – 389.
- Diebold, S. ; D. Robinson ; J. Zandstra ; J. O-Sullivan and P.H. Sikkema (2004).** Sweet corn cultivar sensitivity to bentazon. Weed Technology. 18 (4) : 982 – 987.
- Djanaguiraman, M. ; R. Ramadass and D.D. Devi (2003).** Improvement of salt tolerance rice genotypes by salinity induction response technique. Abstr. : 2nd International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 194.
- Dornelles, A.L.C. ; F.I.F. Carvalho ; L.C. Federizzi ; M.J.C.M. Sereno ; A. Amaral and P. Langlois (1996).** Avaliacao de genotipos de trigo hexaploide quanto a tolerancia e toxicidade do aluminio. Ciencia Rural 26 : 19 – 22.
- Draz, A.S. (2004).** Biotechnology and rice improvement in Egypt, Applications, constraints and prospects. The International Conference On Advanced Rice Research, 21 – 23 September 2004., Alexandria, Egypt. Abstract. P. 16.
- Dubcovsky, J. ; A.F. Galvez and J. Dvorak (1994).** Comparison of the genetic organization of the early salt-stress response gene system in salt-tolerant *Lophopyrum elongatum* and salt sensitive wheat. Theor. Appl. Genet. 87 : 957 – 964.
- Duncan, R.R. ; R.M. Waskom ; D.R. Miller ; R.L. Voigt ; G.E. Hanning ; D.A. Timm and M.W. Nabors (1991).** Registration of GAC 102 acid soil – tolerant Hegari regenerante. Crop Sci. 31 : 1396 – 1397.
- Dvorak, J. ; K. Ross and S. Mendlinger (1985).** Transfer of salt tolerance from *Elytriga pontica* (PodP.) Holub to wheat by the addition of an incomplete *Elytriga* genome. Crop Sci. 25 : 306 .
- Dvorak, J. ; M. Edge and K. Ross (1988).** On the evolution of adaptation of *Lophopyrom elongatum* to growth in saline environments. Proc. Nat Acad. Sci. USA, 85 : 3805 – 3809.
- Dwivedi, R.S. (1994).** Sugarcane management on salt affected soil (TIFAC-DST), IISR, Lucknow, India pp. 82.

- Dwivedi, R.S. (1995). Constraints in Sugarcane Productivity Sugarcane production constrains (ed. Singh, G. B. and Shukla, U. S.), IISR, (ICAR), Lucknow, India p. 105 - 109.
- Dwivedi, R.S. (2000). Physiology of sugarcane, 50 years of sugarcane research in India. (eds. Shahi, H.N. *et al.*,). IISR, Lucknow, p. 141 – 165.
- Dwivedi, R.S. (2004). Physiological and molecular markers for screening salt stress tolerance in sugarcane. Proc.Internl. Symp.on Sustainable Sugarcane&Sugar Production Technol. Nanning P.R.China, p314 – 326.
- Dwivedi, R.S. and A. Qadar (2004). Effect of sodicity on physiological traits. International Conf. “ Sustainable management of Sodic lands. 9 – 14 Feb., Lucknow, India p. 60 – 65.
- Dwivedi, R.S. and K.K. Srivastava (2000). Developing criteria for selecting sugarcane genotype resistant to salt stress. Technical Report IISR, (ICAR), Lucknow (India) pp. 29.
- Ebrahim, M.K.H (2005). Stress tolerance responses of two cotton cultivars exposed to ultraviolet (366 nm) radiation. Acta Agronomica Hungarica 52 (2) : 1588 – 2527.
- Echart, C.L. ; J.F. Barbosa-Neto ; D.F. Garvin and S. Cavalli-Molina (2002). Aluminum tolerance in barley : Methods for screening and genetic analysis. Euphytica 126 : 309 – 313.
- Edwards, C.J. ; W.L. Barrentine and T.C. Kilen (1976). Inheritance of sensitivity to metribuzin in soybeans. Crop Sci. 16 : 119 – 120.
- Ehsanpour, A.A. and F. Amini (2003). Effect of salt and drought stress on acid phosphatase activity in alfalfa (*Medicago sativa* L.) callus. Abstr. 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan 8 – 12, 2003, New Delhi, India p. 149.
- Eisa, Salwa A.I. and El. Sh. Borhamy (2006). Influence of soil conditioner on micronutrients uptake by plants grown on a sandy soil. Egypt J. of Appl. Sci. 21 (4B) 686 – 699.
- Elafendy, K.T. ; A.M. Abd El-Ghany ; I.A. Ashour and A.M. Talaat (2004). Productivity of two sorghum hybrids (*Sorghum bicolor* L. Moench) under different levels of irrigation water salinity and sulphur application in South Sinai. J. Agric. Sci. Mansoura Univ. 29 (4) : 1631 – 1644.
- Elanchezhian, R. and A.B. Mandal (2003). RAPD analysis of somaclones developed from a salt tolerance rice cultivar-Pokkali. Abstr. 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan 8 – 12, 2003, New Delhi, India p. 179.
- El-Batal, M.A. and M.H. Abd El-Gawad (1995). Tolerance of soybean cultivars to metribuzin. Zagazig J. Agric. Res. 22 (6) : 1365 – 1375.

- El-Kady, A.A. and A.E. Abd El-Wahab (1999).** Nitrogen fertilizer management and its effect on growth, yield and grain quality of some Egyptian rice cultivars. Egypt. J. Appl. Sci. 14 (7) : 24 – 35.
- El-Kalla, S.E. ; M.S. Sultan ; M.S. Radwan and M.A. Abd El-Moneam (2001).** Evaluation of combining ability of maize inbred lines under low and high N-fertilization. The Second Pl. Breed. Conf., October 2, 2001, 139 – 149.
- El-Kholy, M.A. ; A.T. Thalooth and M.M. Tawfik (2004).** A comparative study on growth, yield and some chemical constituents for six wheat cultivars grown under different irrigation water salinity levels. Egypt. J. Appl. Sci. 19 (11B) : 529 – 546.
- Elliott, G.C. and A. Lauchli (1985).** Phosphorus efficiency and phosphate-iron interaction in maize. Agron. J. 77 : 399 – 403.
- El-Menshaw, M.M. ; N.A. Ashry and C.R. Azzam (2003).** Evaluation of some grain sorghum hybrids under saline conditions and identification of salinity tolerant genotypes using some biochemical genetic markers. Egypt. J. Plant Breed. 7 (2) : 183 – 203.
- El-Sayad, M.H. ; S.E. Mahrous ; H.M. Ramadan and M.E. El-Fayoumy (2006).** Impact of compost and mineral fertilizers applications on cereal crops in a calcareous soil. Minufiya J. Agric. Res. 31 (4) : 1067 – 1085.
- El-Sayad, Z.S. and A.E.K. El-Ghobashy (2003).** Tolerance of some local and introduced lupine genotypes to salinity. Zagazig J. Agric. Res. 30 (3) : 607 – 618.
- El-Shafai, A.M.A. and M.T. El-Tantawy (2006).** Effect of land levelling and nitrogen fertilization on yield and quality of sugar beet. Egypt. J. Appl. Sci. 21 (11) : 19 – 31.
- Epstein, E. (1983).** Crops tolerant to salinity and other mineral stresses. In. Better Crops for Food. Ciba Found. Symp. 97, pp. 61 – 82.
- Epstein, E. ; J.D. Norlyn ; D.W. Rush ; R.W. Kingsbury ; D.B. Kelly ; G.A. Cunningham and A.F. Wrona (1980).** Saline culture of crops : a genetic approach. Science 210 : 399 – 404.
- Erickson, J.M. ; M. Rahire ; P. Bennoun ; P. Delepelaire ; B. Diner and J.D. Rochaix (1984).** Herbicide resistance in *Chlamidomonas reinhardtii* results from a mutation in the chloroplast gene for the 32 – kilodalton protein of photosystem II. Proceedings of the National Academy of Sciences USA 81 , 3617 – 21.
- Erickson, J.M. ; M. Rahire ; J.D. Rochaix and L. Mets (1985).** Herbicide resistance and cross resistance : changes at three distinct sites in the herbicide – binding protein. Science 25, 204 – 7.

- Esty, J.C. ; A.B. Onken ; L.R. Hossner and R. Matheson (1980).** Iron use efficiency in grain sorghum hybrids and parental lines. *Agron. J.* 72 : 589 – 592.
- Fageria, N.K. and M.P. Barbosa Filho (1981).** Screening rice cultivars for higher efficiency of phosphorus absorption. *Pesq. Agropec. Bras.* Bras. Brasilia 26 : 777 – 782.
- Fageria, N.K. ; V.C. Ballgar and Charles Allan Jones (1997).** Growth and mineral nutrition of field crops. New York. Basel. Hong Kong.
- Fahmy, E.M. ; F.M. Abd El-Tawab ; A.A. Tayel ; A. Bahieldin and M.A. El-Anany (1992).** Biochemical genetic markers for salt tolerance in maize(*Zea mays*). *Annals Agron. Sci., Ain Shams Univ., Cairo* 37 (1) : 147 – 157.
- Fan, Z. ; Chen-Jun Peng ; Hu-Ji Ye ; Qian-Chuan Fan and Li-Zheng Ming (2003).** Activity of acetolactate synthase from maize (*Zea mays* L.) as influenced by chlorsulfuron and tribenuronmethyl. *Agric. Sci. in China.* 2 (2) : 176 – 182.
- FAO (1983).** Micronutrients. FAO fertilizer and plant nutrition. Bulletin 7. Land and Water Development Division, Rome.
- Finnie, C. ; T. Steenholdt ; O.R. Noguera ; S. Knudsen ; J. Larsen ; H. Brinch-Pedersen ; P.B. Holm ; O. Oslen and B. Svensson (2004).** Environmental and transgene expression effects on the barley seed proteome. *Phytochemistry* 65 (11) : 1619 – 1627.
- Fischer, R.A. and J.T. Wood (1979).** Drought resistance in spring wheat cultivars. III. Yield associations with morphophysiological traits. *Aust. J. Agric. Res.* 30 : 1001 – 1020.
- Flowers, T.J. and A.R. Yeo (1995).** Breeding for salinity resistance in crop plants. Where next ? *Aust J. Plant Physiol*, 22 : 875 – 884.
- Forster, B.P. ; M.S. Phillips ; T.E. Miller ; E. Baird and W. Powell (1990).** Chromosome location of genes controlling tolerance to salt (NaCl) and vigour in *Hordeum vulgare* and *H. chilense*. *Heredity*, 65 : 99 – 107.
- Francois, L.E. ; E.V. Maas ; T.J. Donovan and V.L. Youngs (1986).** Effect of salinity on grain yield and quality, vegetative growth and germination of semi-dwarf and durum wheat. *Agron. J.* 76 : 1053 – 1058.
- Fribank, L.G. ; A.M. Dewar ; M.O. Hill ; M.J. May ; J.N. Perry ; P. Rothery and G.R. Squire (1999).** Farm – scale evaluation of GM crops explained. *Nature* 399 : 727 – 728.
- Frihauf, J.C. ; S.D. Miller and C.M. Alford (2005).** Imazamox rates, timings and adjuvants affect imidazolinone-tolerant winter wheat cultivars. *Weed Technology.* 19 (3) : 599 – 607.

- Fuentes, C.L. and G.D. Leroux (2003).** Rimsulfuron uptake, translocation, metabolism and ALS sensitivity to rimsulfuron in two maize hybrids. *Agronomia Colombiana*. 21 (1 / 2) : 17 – 27.
- Furlani, A.M.C. ; R.B. Clark ; J.W. Maranville and W.M. Ross (1982).** Sorghum genotype differences to organic and inorganic sources of phosphorus. (Abstr), In : **P.R. Rao (ed.)** Sorghum in Eighties. Proc. Int. Symp. on sorghum, 2 – 7 Nov, ICRISAT. PP. 751 – 752. New Delhi, Oxford and IBH Pub. Co.
- Furlani, A.M.C. ; R.B. Clark ; W.M. Ross and J.W. Maranville (1987).** Differential phosphorus uptake, distribution, and efficiency by sorghum inbred parents and their hybrids. PP. 287 – 298. In : **W.H. Gabelman and B.C. Lughman (eds.)**. Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition. Nijhoff, Dordrecht, Netherlands.
- Furlani, A.M.C. ; M. Lima and L.L. Nass (1998).** Combining ability effects for P – efficiency characters in maize grown in low P nutrient solution. *Maydica* 43, 169 – 174.
- Gallego, F.J. and C. Benito (1997).** Genetic control of aluminum tolerance in rye (*Secale cereale* L.). *Theor Appl Genet* 92 : 688 – 695.
- Gamzikova, O.I. and O.I. Maistrenko (1991).** Genetic control of the assimilation of nitrogen compounds in wheat. *Izvestiya Akademii Nauk SSSR, Seriya Biologicheskaya* No. 5 : 700 – 706.
- Garcia, A. ; D. Senadhira ; T.J. Flowers and A.R. Yeo (1995).** The effects of selection for sodium transport and of selection for agronomic characteristics upon salt resistance in rice (*Oryza sativa* L.). *Theor Appl. Genet*, 90 : 1106 – 1111.
- Gehlot, H.S. and A. Purohit (2003).** Protein alterations and metabolic changes associated with salinity in seedlings of *Sesamum indicum* cultivars. Abstr. 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan 8 – 12, 2003, New Delhi, India p. 192.
- Genc, Y. ; K.W. Shepherd ; G.K. McDonald and R.D. Graham (2003).** Inheritance of tolerance to zinc deficiency in barley. *Plant Breeding* 122 : 283 – 284.
- Ghallab, K.H. and A.N. Sharaan (2002).** Selection in canola (*Brassica napus* L.) germplasm under conditions of newly reclaimed land. 2. Salt tolerant selections. *Egypt. J. Plant Breed.* 6 (2) : 15 – 30.
- Ghersa, C.M. ; M.A. Ghersa ; M.L. Rouch and S.R. Radosevich (1991).** “ Fitness Studies of Italian Ryegrass Resistant to Diclofop – Methyl : 3 , Selection Pressures for Resistance and Germination Time “ in *Proceedings of the Western Society of Weed Science* P. 42.
- Gianessi, L.P. (2005).** Economic and herbicide use impacts of glyphosate-resistance crops. *Pest Management Science*. 61 (3) : 241 – 245.

- Glover, D.G. and W.T. Jr. Schapaugh (2002). Inheritance of resistance to pendimethalin herbicide induced stem damage in soybean. *Euphytica*. 125 (3) : 433 – 437.
- Goebiowska, H. and H. Rola (2003). The influence of weather conditions on selectivity of sulfonylurea herbicides to the selected maize varieties. *J. of Plant Protection Res.* 43 (3) : 219 – 224.
- Gomes, G.E.E. ; I.E. Marriel ; P.E. de- O. Guimaraes ; S.H. Parentoni ; M.X. Jos ; C.A.P. Pacheco ; W.F. Miereles ; P.H.E. Ribeiro and A.C. de Oliveira (2002). Combining ability for nitrogen use in a selected set of inbred lines from a tropical maize population : *Revista – Brasileira de Milho e Sorgo* 1 (3) : 68 – 77.
- Gorham, L. and R.G.W. Jones (1990). A physiological approach to improve the salt tolerance of wheat. *Rachis* 9 (2) : 20 – 24.
- Gorny, A.G. (1999). Inheritance of nitrogen and phosphorus utilization efficiencies in spring barley at the vegetative growth stages under high and low nutrition. *Plant Breeding* 118 , 511 – 516.
- Gorny, A.G. (2000). The influence of nutrient shortage on the expression of combining ability effects for root characters in spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *J. of Appl and Genet.* 4 (2) : 63 – 73.
- Gorny, A.G. and T. Sodkiewicz (2001). Genetic analysis of the nitrogen and phosphorus utilization efficiencies in mature spring barley plants. *Plant Breeding* 120 : 129 – 132.
- Gorsaline, G.W. ; W.I. Thomas and D.E. Baker (1968). Major gene inheritance of Sr, Ca, Mg, P, Zn, Cu, B, Al, Fe and Mn concentration in corn (*Zea mays* L.). *Pennsylvania State Agric. Exp. Stn. Bull.* 764.
- Gorsaline, G.W. ; W.I. Thomas ; D.E. Baker and J.L. Ragland (1964). Relationship of strontium-calcium within corn. *Crop Sci.* 4: 154 – 156.
- Gorz, H.J. ; F.A. Haskins ; J.F. Pedersen and W.M. Ross (1987). Combining ability effects for mineral elements in forage sorghum hybrids. *Crop Sci.* 27, 216 – 219.
- Graham, R.D. (1978). Tolerance of tritcale, wheat and rye to copper deficiency. *Nature* 271 : 542 – 543.
- Graham, R.D. (1984). Breeding of nutritional characteristics in cereals. *Advances in Plant Nutrition*, 1. : 57 - 102
- Graham, R.D. (1988). Genotypic differences in tolerance to Mn deficiency. In : R.D. Graham ; R.J. Hannam and N.C. Uren (eds.), *Mn in Soils and Plants*, 261 – 276. Kluwer Academic publ., Dordrecht.
- Graham, R.D. (1989). Development of wheat with enhanced nutrient efficiency : Progress and potential in wheat production constraints in tropical environments. *Proc. Int. Conf. Chaing Mai, Thailand*, 19 – 25 Jan., 1987.

- Graham, R.D.; G.D. Anderson and J.S. Ascher (1981).** Absorption of copper by wheat, rye and some hybrid genotypes. *J. plant Nutr.* 3: 679 – 680.
- Graham, M.J. ; C.D. Nickell and R.G. Hoelt (1995).** Inheritance of tolerance to manganese deficiency in soybean. *Crop Sci.* 35 : 1007 – 1010.
- Greger, M. and M. Lofstedt (2004).** Comparison of uptake and distribution of cadmium in different cultivars of bread and durum wheat. *Crop Sci.* 44 : 501 – 507.
- Gregorio, G.B. and T. Htut (2003).** Micronutrient dense rice : developing breeding tools at IRRI. Rice Science innovations and impact for livelihood proceedings of the International Rice Research Conference , Beijing, China 16 – 19 Sept. 2002.
- Grieve, C.M. ; S.M. Lesch,; L.E. Francois, and E.V. Maas, (1992).** Analysis of main spike yield components in salt stressed wheat. *Crop Sci.* 32 : 697 – 703.
- Grumet, R. and A.D. Hanson (1986).** Genetic evidence for osmoregulatory function of glycinebetaine accumulation in barley. *Aust. J. of Plant Physiology* 13 : 353 – 364.
- Gulick, P.J. ; W. Shen and H. An (1994).** *Es 13a* stress-induced gene from *Lophopyrum elongatum*. *Plant Physiol*, 104 : 799 – 800.
- Gull, M.K. (2002).** QTL-Kartierung und Analyse von QTL x Stickstoff Interaktionen beim Winterraps (*Brassica napus* L.). Doctoral dissertation. Cuvillien, Gottingen.
- Gupta , U.C. (1993) .** Deficiency, sufficiency and toxicity levels of boron in crops. In: Boron and its Role in Crop Production , U.C. Gupta, Ed., CRC Press, Boca Raton, FL, pp 137-145 .
- Gupta, U.S. (1997).** Crop Improvement : vol. 2 : Stress Tolerance. Science Publishers, Inc.
- Gupta, U.S. (2000).** Crop Improvement : vol. 3 : Quality Characters. Science Publisher, USA.
- Gupta, V.K. ; R.K. Tomar ; R.N. Garg ; D. Singh ; R.P.A.S. Singh and D. Chand (2003).** Characterization of spectral and thermal behaviour of wheat under varying levels of fertilizers. Abstracts. 2nd International Congress of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India. P. 402.
- Gurusamy, A. ; R. Kathiresan ; V. Ganesaraja and M. Raveendarn (2000).** Screening of rice cultivars for herbicide tolerance. *J. of Phytochemical Research.* 13 (1) : 95 – 96.
- Ha, S.B. ; S.B. Lee ; Y. Lee ; K. Yang ; N. Lee ; S.M. Jang ; J.S. Chung ; S. Jung ; Y.S. Kim ; S.G. Wi and K. Back (2004).** The plastidic Arabidopsis protoporphyrinogen IX oxidase gene, with or without the transit sequence, confers resistance to the diphenyl ether herbicide in rice. *Plant, Cell and Environment.* 27 (1) : 79 – 88.

- Hageman, R.H. ; D. Fletcher and A. Gitter (1961). Diurnal variation and other light effects influencing the activity of nitrate reductase and nitrogen metabolism in corn. *Crop Sci.* 1 : 201 – 204.
- Haley, S.D. ; J.J. Johnson ; F.B. Peairs ; J.S. Quick ; P.H. Westra ; J.A. Stromberger ; S.R. Clayshulte ; B.L. Clifford ; J.B. Rudolph ; B.W. Seabourn ; O.K. Chung ; Y. Jin and J. Kolmer (2006 a). Registration of protection wheat. *Crop Science.* 46 (2) : 995 – 996.
- Haley, S.D. ; J.J. Johnson ; F.B. Peairs ; J.S. Quick ; P.H. Westra ; J.A. Stromberger ; S.R. Clayshulte ; B.L. Clifford ; J.B. Rudolph ; B.W. Seabourn ; O.K. Chung ; Y. Jin and J. Kolmer (2006 b). Registration of Bond CL wheat. *Crop Science.* 46 (2) : 993 – 995.
- Haley, S.D. ; M.D. Lazar ; J.S. Quick ; J.J. Johnson ; G.L. Peterson ; J.A. Stromberger ; S.R. Clayshulte ; B.L. Clifford ; T.A. Pester ; S.J. Nissen ; P.H. Westra ; F.B. Peairs and J.B. Rudolph (2003). Above winter wheat. *Canadian J. of Plant Science.* 83 (1) : 107 – 108.
- Harker, K.N. ; R.E. Blackshaw ; K.J. Kirkland ; D.A. Derksen and D. Wall (2000). Herbicide – tolerant canola : weed control and yield comparisons in western Canada. *Can J. Plant Sci.* 80 : 647 – 654.
- Hartwig, E.E.; W.F. Jones and T.C. Kilen (1991).Identification and inheritance of inefficient zinc absorption in soybean.*Crop Sci.* 31,61– 63.
- Hartzook, K.A. (1982). The problem of iron deficiency in peanut (*Arachis hypogaea* L.) on basic calcareous soils in Israel. *J. Plant Nutr.* 5 : 923 – 926.
- Hassan, A.I.A. (2002). Gene action and heritability estimates of F₃ wheat families under saline conditions at Ras Sudr. *Zagazig J. Agric. Res.* 29 (2) : 405 – 420.
- Hassanein, A.H.M. ; A.M. Azab ; H. Lieth and A.A. Al-Masoom (1993). Salt tolerance of grain sorghum. Towards the national use of high salinity tolerant plants. Volume 2. Agriculture and forestry under marginal soil water conditions. Proceedings of the ASWAS Conference, 8 – 15 December 1990, Al Ain, United Arab Emirates. 1993, 153 – 156.
- Havaux, M.A. (1989). Comparison of atrazine – resistant and susceptible biotypes of *Senecio vulgaris* L : effects of high and low temperatures on the *in vivo* photosynthetic electron transfer in intact leaves. *Journal of Experimental Botany* 40, 849 – 54.
- Havlin, J.L. ; J.D. Beaton,; S.L. Tisdale, and W.L. Nelson, (1999). Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management. 6th Ed. Prentice Hall Upper Saddle River, New Jersey 07458.
- Hawkesford, M.J. ; P. Barraclough ; P. Buchner ; K. Edwards ; C. Lu and J.R. Howarth (2003). Nutrient regulated gene expression and plant

- nutrition. Abstracts. 2nd International Congress of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India. P. 395.
- Hede, A.R. ; B. Skovmand ; J.M. Ribaut ; D. Gonzalez-De-Leon and O. Stolen (2002).** Evaluation of aluminum tolerance in a spring rye collection by hydroponic screening. *Plant Breeding* 121 : 241 – 248.
- Hidema, J. ; M. Teranishi ; Y. Iwamatsu ; T. Hirouchi ; T. Ueda ; T. Sato ; B. Burr ; B.M. Sutherland ; K. Yamamoto and T. Kumagai(2005).** Spontaneously occurring mutations in the cyclobutane pyrimidine dimer photolyase gene cause different sensitivities to ultraviolet-B in rice. *Plant Journal*. 43 (1) : 57 – 67.
- Hiraki, M. ; S. Ishida ; H. Watanabe ; H. Ogawa ; H. Kohno ; P. Boger and K. Wakabayashi (2000).** Variation of protoporphyrinogen-IX oxidase sensitivity to peroxidizing herbicides among corn varieties. *J. of Weed Science and Technology*. 45 (1) : 7 – 12.
- Hiremath, S.M. ; M. Kalpana ; M.B. Chetti and A. Suryavanshi (2003).** Role of magnesium on disease resistance and its relationship with productivity potential in groundnut. Abstracts. 2nd International Congress of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India. P. 400.
- Hobbs, S.L.A. (1987).** Comparison of Photosynthesis in Normal and Triazine – Resistant Brassica. *Can. J. Plant Sci.* 67 : 457 – 466.
- Hofer, H. and E. Schutz (1980).** Contribution to the determination of threshold toxicity levels for heavy metals in plant production. *Mitteilungen für die Schweizerische Landwirtschaft* 28 : 66 – 77.
- Howarth, J.R. ; J.N. Jacquet ; A. Doherty ; H.D. Jones and M.E. Cannell (2005).** Molecular genetic analysis of silencing in two lines of *Triticum aestivum* transformed with the reporter gene construct *pAHC25*. *Annals of Applied Biology*. 146 (3) : 311 – 320.
- Howie, J. ; J. Heap ; C. Preston and R.M. Nair (2002).** Development of an annual medic tolerant of sulfonylurea herbicide residues. 12th Australasian Plant Breeding Conference, Perth, Western Australia 15 – 20th September Abstr. P. 204.
- Huang, C.Y. and R.D. Graham (1990).** Resistance of wheat genotypes to boron toxicity is expressed at the cellular level. *Plant Soil* 126 : 295 – 300.
- Huang, Q. ; L. Weitlue ; S. Hui ; D. Xin and S. Jin (2005).** *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transgenic wheat plants with glutamine synthetases confer tolerance to herbicide. *Acta-Phytoecologica-Sinica* 29 (2) : 338 – 344.
- Hurkman, W.J. and C.K. Tanaka (1996).** Effect of salt stress on germin gene expression in barley roots. *Plant Physiol.* (submitted).

- Hurkman, W.J. ; H.P. Tao and C.K. Tanaka (1991). Germin-like polypeptides increase in barley roots during salt stress. *Plant Physiol.* 97 : 366 – 374.
- Ichii, M. and M. Nakamura (1990). Heterosis for nutrient uptake in F₁ rice hybrid seedlings. *Jap. J. Crop Sci.* 59 : 140 – 145.
- IRRI, International Rice Research Institute (1996). Annual Report for 1996. Los Banos. Philippines.
- Ishitani, M. ; K. Arakawa ; K. Mizuno ; S. Kishitani and T. Takabe (1993). Betaine aldehyde dehydrogenase in the Geramineae : levels in leaves of both betaine – accumulating and nonaccumulating cereal plants. *Plant Cell Physiol.*, 34 (3) : 493 – 495.
- Isla, R. ; R. Aragues and A. Royo (1998). Validity of various physiological traits as screening criteria for salt tolerance in barley. *Field Crops Res.* 58 : 97 – 107.
- Islam, M.S. ; P.S.L. Srivastava and P.S. Deshmukh (1999). Genetic studies on drought tolerance in wheat. II. Early seedling growth and vigor. *Annals of Agric. Res.* 20 (2) : 190 – 194.
- Ismail, A.M. and F. Moradi (2003). Salinity tolerance in rice. A physiological perspective. Abstracts, 2nd International Congress of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India. P. 152.
- Jafari-Shabestari, J. ; H. Corke and C.O. Qualset (1995). Field evaluation of tolerance to salinity stress in Iranian hexaploid wheat landrace accessions. *Gen. Resour. Crop Evol.* 42, 147 – 156.
- James, C. (2001). Global review of commercialized transgenic crops : 2001. ISAAA Briefs No. 24 International Service for the Acquisition of Agribiotechnology Applications. Ithaca. N.Y.
- Jamjod, S. ; C.E. Mann and B. Rerkasem (1992). Inheritance of boron deficiency response in two wheat crosses In : C.E. Mann and B. Rerkasem (Eds.) *Boron deficiency in wheat* pp. 86 – 89. Wheat Spécial Report No. 11, Mexico DF., CIMMYT.
- Janila, P. ; T.N. Rao and A.A. Kumar (1999). Germination and early seedling growth of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) varieties under salt stress. *Annals of Agric., Res.* 20 (2) : 180 – 182.
- Jarso, M. and G. Keneni (2003). Expression of quantitative trait loci : (QTL) in diverse spring barley (*Hordeum vulgare* L.) recombinant inbred lines under different nitrogen environments. *J. of Genet. and Breed.* 57 (3) : 295 – 303.
- Jiang , J. Da ; S.O. Linscombe ; Wang-Jianlin and J.H. Oard (2000). High efficiency transformation of U.S. rice lines from mature seed-derived calli and segregation of glufosinate resistance under field conditions. *Crop science.* 40 (6) : 1729 – 1741.

- Jones, M.P. and J.W. Stenhouse (1984). Inheritance of salt tolerance in mangrove swamp rice. *Int. Rice Res. Newsl.* 9 (9) : 9 – 10.
- Jung, S. ; Y. Lee ; K. Yang ; S.B. Lee ; S.M. Jang ; S.B. Ha and K. Back (2004). Dual targeting of *Myxococcus xanthus* protophyrinogen oxidase into chloroplast and mitochondria and high level oxyfluorfen resistance. *Plant, Cell and Environment*. 27 (11) : 1436 – 1446.
- Jung, S. Yo and B. KyoungWhan (2005). Herbicidal and antioxdant responses of transgenic rice overexpressing *Myxococcus xanthus* protoporphyrinogen oxidase. *Plant Physiology and Biochemistry*. 43 (5) : 423 – 430.
- Kafkafi, U. (1984). Plant nutrition under saline conditions. *Soil Salinity Under Irrigation Processes and Management* (I. Shainberg and J. shalhevet, eds), Springer-Verlag, Berlin, PP. 319 – 338.
- Karazawa, M. and C.E. Caviness (1979). Genetic variability for resistance to propanil injury in soybeans. *Crop Sci.* 19 : 739 – 740.
- Karim, F.M. and A.J. Dakeel (2006). Salt-Tolerance Plants of The United Arab Emirates. International Center for Biosaline Agriculture.
- Kawahigashi, H. ; S. Hirose ; H. Inui ; H. Ohkawa and Y. Ohkawa (2005). Enhanced herbicide cross-tolerance in transgenic rice plants co-expressing human CYP1A1, CYP2B6, and CYP2C19. *Plant Science*. 168 (3) : 773 – 781.
- Keshta, M.M. ; K.M. Hammad and W.A.I. Sorour (1999). Evaluation of rapseed genotypes in saline soil. *Proc. 10th Intern. Rapseed Conf.* Conberra, Australia : 214 – 219.
- Khabaz,-Saber, H. ; R.D. Graham and A.J. Rathjen (1999). Inheritance of manganese efficiency in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*). *J. Plant Nutr.* 22 : 11 – 22.
- Khabaz,-Saber, H. ; R.D. Graham ; M.A. Pallotta ; A.J. Rathjen and K. J. Williams (2002). Genetic marker for manganese efficiency in durum wheat. *Plant Breeding* 121 : 224 – 227.
- Khan, M.G. (1996). H⁺-ATPase activity A message in salinity response. *Physiol Mol Biol Plants*, 32 : 385 – 406.
- Khan, A.A. ; S.A. Rao and T. McNeilly (2003). Assessment of salinity tolerance based upon seedling root growth response functions in maize (*Zea mays* L.). *Euphytica* 131 : 81 – 89.
- Khatiwada, S.P. ; D. Senadhira ; A.L. Carpena ; R.S. Zeigler and P.G. Femande 3 (1996). Variability and genetics of tolerance for aluminum toxicity in rice. *Theor. Appl. Genet.* 93 : 738 – 744.
- Khorommbi, N.G.R. and C.F. Reinhardt (2002). Factors influencing the tolerance of maize to atrazine and terbuthylazine applied postemergence. *South African Journal of Plant and Soil*. 19 (1) : 8 – 11.

- Kilen, T.C. and G.H. He (1992).** Identification and inheritance of metribuzin tolerance in wild soybean. *Crop Sci.* 32 (3) : 684 – 685.
- Kingsbury, R.W. and E. Epstein (1984)** Selection for salt-resistant spring wheat, *Crop Sci.*, 24, 310.
- Kingsbury, R.W. ; E. Epstein and R.W. Percy (1984).** Physiological responses to salinity in selected lines of wheat. *Plant Pysiol.* 74, 417 – 423.
- Kokurin, N.L. ; T.M. Udelnova and B.A. Yagodin (1990).** Evolutionary and genetic aspects of trace element nutrition in crop plants. *Mikroelementy v SSSR* No. 31 : 86 – 97.
- Kolkman, J.M. ; M.B. Slabaugh ; J.M. Bruniard ; S. Berry ; B.S. Bushman ; C. Olungu ; N. Maes ; G. Abratti ; A. Zambelli ; J.F. Miller ; A. Leon and S.T. Knapp (2004).** Acetohydroxyacid synthase mutations canferring resistance to imidazolinone or sulfonylurea herbicide in sunflower. *Theoretical and Applied Genetics.* 109 (6) : 1147 – 1159.
- Koubaili, S. and M. Abd El-Aziz (2005).** The effect of salt stress on growth, productivity and mineral contents of some Syrian cotton varieties. *Proceed 4th Pl. conf. March 5, 2005 (Ismailia) Egypt. J. Plant Breed.* 9 (1) : 239 – 253. Special Issue.
- Kuang – RuiBin ; L. Hong ; Y. Xiaolong and D. Yingshan (2005).** Phosphorus and nitrogen interactions in field grown soybean as related to genetic attributes of root morphological and nodular traits. *J. of Integrative Plant Biology* 47 (5) : 549 – 559.
- Kuk, Y.I. ; H.J. Lee ; J.S. Chung ; K.M. Kim. ; S.B. Lee ; S.B. Ha ; K. Back and J.O. Guh (2005).** Expression of a *Bacillus subtilis* protoporphyrinogen oxidase gene in rice plants reduces sensitivity to peroxidizaing herbicides. *Biologia Plantarum* 49 (4) : 577 – 583.
- Kukreja, S. ; A.S. Nandwal,; A. Mann,; B. Kumar, ; C. Ram,; N. Kumar, and P. Sharma (2003).** Changes in reactive oxygen scavenging system and protein profile (SDS-PAGE) in chickpea roots under saline conditions. *Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology*, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi P. 207.
- Kumar, A.N.S. ; B.K. Singh ; G.C. Srivastava and B. Singh (2003 a).** Root characteristics of wheat genotypes as related to zinc uptake. *Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology*, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi P. 373.
- Kumar, N. ; A.L. Patel ; R.K. Pannu ; R. Kumar and A. Kumar (2003 b).** Dry matter distribution under nutrient and moisture stressed winter wheat. *Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology*, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi P. 238.

- cerenza, N.G. ; L. Cattivelli and N. Difonzo (1995). Expression of drought induced genes in durum wheat under stress in field conditions. *J. Plant Physiol*, 146 : 169 – 172.
- Lafitte, H.R. and G.O. Edmeades (1995). Association between traits in tropical maize inbred lines and their hybrids under high and low soil nitrogen. *Maydica* 40 : 259 – 267.
- Lafitte, H.R. and M. Banziger (1996). Maize population improvement for low soil N : selection gains and the identification of secondary traits. Proceed of a symposium developing drought and low – N tolerant maize. March 25 – 29, 1996, CIMMYT, El-Batan, Mexico, pp 485 – 489.
- Lagos, M.B. ; M.I.M. Fernandes ; C.E.O. Camargo : L.C. Federizzi and F.I.F. de Carvalho (1991). Genetics and monosomic analysis of aluminum tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Rev. Brasil. Genet.* 14 , 1011 – 1020.
- Landon, J.R. (1984). Booker Tropical Soil Manual. A handbook for survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics. Booker Agriculture International Limited.
- Lane, B.G. ; J.M. Dunwell ; J.A. Ray ; M.R. Schmitt and A.C. Cuming (1993). Germin, a protein marker of early plant development, is an oxalate oxidase. *J. Biol Chem*, 268 : 12239 – 12242.
- Lau, T.S. ; E. Eno ; G. Goldstein ; C. Smith and D.A. Christopher (2006). Ambient levels of UV-B in Hawaii combined with nutrient deficiency decrease photosynthesis in near – isogenic maize lines varying in leaf flavonoids : Flavonoids decrease photoinhibition in plants exposed to UV-B. *J. Articl, Photosynthetica*, 394 – 403, Publisher Springer Netherlands dchr @ hawaii . edu.
- Lauchli, A. (1987). Soil science in the next twenty five years. Does biotechnology play a role ? *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51 : 1405 – 1408.
- Lauchli, A. and E. Epstein, (1990). Plant Response to Saline and Sodic Conditions. In “Agricultural Salinity Assessment and Management “ (K.K. Tanji, ed.) ASCE Manual Prac. No. 71, pp. 113 – 137. Am. Soc. Civ. Eng., New York.
- Lazar, M.D. ; S.D. Haley ; J.S. Quick ; J.J. Johnson ; G.L. Peterson ; J.A. Stromberger ; S.R. Clayshulte ; B.L. Clifford ; T.A. Pester ; S.J. Nissen ; P.H. Westra ; F.B. Peairs and J.B. Rudolph (2003). AP 502 CL. Winter wheat. *Canadian J. of Plant Science*. 83 (1) : 109 – 110.
- Lazot D. and A. Lauchli, (1991). The putritional status of the apical meristem of *Lactuca sativa* as affected by NaCl salinization an electron-probe microanalytic study. *Planta*, 184 : 334 – 342.

- Lee, G.L. ; H.R. Boerma ; M.R. Villagarcia ; X. Zhou ; Jr. T.E. Carter ; Z. Li and M.O. Gibbs (2004a). A major QTL conditioning salt tolerance in S-100 soybean and descendent cultivars. *Theor. Appl. Genet.* 109 : 1610 – 1619.
- Lee, Y. ; S. Jung and K. Back (2004b). Expression of human protoporphyrinogen oxidase in transgenic rice induces both a photodynamic response and oxyfluorfen resistance. *Pesticide Biochemistry and Physiology.* 80 (2) : 65 – 74.
- Leidi, E.O. and J.F. Saiz, (1997) Is salinity tolerance related to Na accumulation in Upland cotton (*Gossypium hirsutum*) seedlings ? . *Plant and Soil*, 190 (1) : 67 – 75.
- Lerner, H.R. ; G.N. Arnzallag ; Y. Friedman and P. Gouloubinoff (1994). The response of plants to salinity : From turgor adjustments to genome modification. *Isr J. Plant Sci*, 42 : 285.
- Levitt, J. (1980). Responses of plants to environmental stress. 2nd ed., Academic, New York.
- Li, X.G. and D. Nicholl (2005). Development of PPO inhibitor-resistant cultures and crops. *Pest Management Science.* 61 (3) : 277 – 285.
- Li, X.G. ; S.L. Volrath ; D.B.G.N. Choll ; C.E. Chilcote ; M.A. Johnson ; E.R. Ward and M.D. Law (2003). Development of protoporphyrinogen oxidase as an efficient selection marker for *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation of maize. *Plant Physiology.* 133 (2) : 736 – 747.
- Liao, M. ; I.R.P. Fillery and J.A. Palta (2002). Early vigor as a trait for improving N uptake by wheat. Abstracts, 12th Australasian Plant Breeding Conf., Perth, Western Australia, 15 – 20th September 2002, P. 172.
- Lide, L. ; L. Hong ; Y. XiaoLong ; Z. Bingchang and D. Yingshan (2004). Genetic variability for root hair traits as related to phosphorus status in soybean. *Plant and Soil* 261 (1 / 2) : 77 – 84.
- Lindsay, M. ; R. Munns ; E. Lagudah and R. Hare (2002). A QTL for sodium exclusion mapped in durum wheat. 12th Australasian Plant Breed. Conf., Perth. Western Australia 15 – 20th September 2002, p. 189.
- Liu, Z. ; J.D. Hall and D.W. Mount (2001). *Arabidopsis* *UVH₃* gene is a homolog of the *Saccharomyces cerevisiae* *RAD₂* and human *XGP* DNA repair genes. *Plant J.* 26 : 329 – 338.
- LiYuan ; Zu Yanqun , Chen Jianjun and Chen Haiyan (2002). Intraspecific responses in crop growth and yield of 20 soybean cultivars to enhanced ultraviolet- B-radiation under field conditions – *Field Crops Res.* 78 (1) : 1 – 8.

- Long, J.K. ; M. Banziger and M.E. Smith (2004). Diallel analysis of grain iron and zinc density in southern African – adapted maize inbreds. Crop Sci. 44 : 2019 – 2026.
- Lorenz, O. A. and D. N. Maynard (1980) . Knott's handbook for vegetable Growers. 2nd Ed. Wiley, New York .
- Lutts, S. (2003). Salt stress effects on sugar metabolism in rice (*Oryza sativa* L.). Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 151.
- Maas, E.V. (1990). Crop Salt Tolerance. In “ Agric. Salinity Assessment and Management “ASCE Manual Prac. No. 71, pp. 262 – 304.
- Maas, E.V. and G.J. Hoffman (1977). Crop salt tolerance current assessment. J. Irrig & Drain Div ASCE 103 : 115 – 134.
- Maas, E.V. ; S.M. Leseh ; L.E. Francois and C.M. Grieve (1996). Contribution of individual culms to yield of salt stressed wheat. Crop Sci. 36 : 142 – 149.
- Madhulety, T.Y. and B. Jyotsna (2003). Callusing potential of sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes Vis-à-vis osmotic potential and tissue ionic strength of Na⁺, K⁺, Na⁺/ K⁺ ratio and Cl⁻ under salt stress. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 259.
- Mahadevappa, M. ; H. Ikehashi and P. Aurin (1981). Screening rice genotypes for tolerance to alkalinity and zinc deficiency. Euphytica 30 : 253 – 257.
- Mahmoud, A.A. ; A.H. Fayed ; M.A. Rashed and S.A.A. Heba (2005). Detection of molecular markers associated with iron deficiency in sorghum (*Sorghum bicolor* L.) using bulked segregant analysis. Zagazig J. Agric. Res. 32 (3) : 833 – 844.
- Maiti, R.K. ; L.E.D. Amaya ; S.I. Cardona ; A.M.O. Dimas ; M. De La Rosa-Ibarra and H.D.L. Castillo (1996). Genotypic variability in maize cultivars (*Zea mays* L.) for resistance to drought and salinity. J. Plant Physiol 148 : 741 – 744.
- Majumdar, N.D. ; S.C. Rakshit and D. N. Borthakur (1990). Genetic effect on uptake of selected nutrients in some rice (*O. sativa* L.) varieties in phosphorus deficient soils. Plant Soil 123 : 117 – 120.
- Maliwal, G.L. and P.M. Sutaria (1992). Salt tolerance in wheat. Indian J. of Plant Physiol. 35 (3) : 258 – 261.
- Mano, Y. and K. Takeda (1997a). Diallel analysis of salt tolerance at germination and the seedling stage in barley (*Hordeum vulgare* L.). Breeding Science. 47 : (3) 203 – 209.
- Mano, Y. and K. Takeda (1997b). Mapping quantitative trait loci for salt tolerance at germination and the seedling stage in barley (*Hordeum vulgare* L.). Euphytica 94 (3) 263 – 272.

- Manske, G.G.B. ; J.I. Ortiz-Monasterio ; R.M. van Ginkel ; S. Rajaram and P.L.G. Vlek(2002).** Phosphorus use efficiency in tall, semi-dwarf and dwarf near-isogenic lines of spring wheat. *Euphytica* 125: 113– 114.
- Mansour, M.M.F. (1994).** Changes in growth, solute potential and cell permeability of wheat cultivars under NaCl, *Biol Plant*, 36: 429 – 434.
- Mansour, M.M.F. and E.J. Stadelmann, (1994).** NaCl. Induced changes in protoplasmic characteristics of *Hordeum vulgare* cultivars differing in salt tolerance. *Physiol Plant*, 91 : 389 – 394.
- Mansour, M.M.F. and K.H.A. Salama, (1996).** Comparative responses to salinity in wheat genotypes differing in salt tolerance. I. Seedling growth and mineral relations. *Egyptian J. Phsiol. Sci.* 20(1- 2):1 – 15.
- Mansour, M.M.F. ; O.Y. Lee Stadelmann, and E.J. Stadelmann (1993).** Salinity stress and cytoplasmic factors. A comparison of cell permeability and lipid partiality in salt resistant cultivars and lines of *Triticum aestivum* and *Hordeum vulgare*. *Physiol Plant*, 88: 141 – 148.
- Mansour, M.M.F. ; P.R. Hasseit and P.J.C. Kuiper (1994).** Plasma membrane lipid alterations / induced by NaCl in winter wheat roots. *Physiol Plantrum* 92 : 473 – 478.
- Marschner, H. (1995).** Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press Limited, London NW 17 DX.
- Marshall, G. (1991).** *In vitro* techniques for the selection of herbicide resistance. In : *Herbicide Resistance in Weeds and Crops*. Pp. 27 – 44 Butterworth-Heinmann, Oxford.
- Martin, D.M. ; J.P. Worthington and E. Gray (1987).** Soybean cultivar response to fluchloralin, metribuzin and vernolate. *Weed Technology USA*, 1 (4) : 282 – 285.
- Marwede, V. ; A. Schierholt ; C. Mollers and H.C. Becker (2004).** Genotype x environment interactions and heritability of tocopherol contents in canola. *Crop Sci.* 44 : 728 – 731.
- Matola, T. ; I. Jablonkai ; D. Dixon ; I. Cummins and R. Edwards (2003).** Structure of dichloromethyl-ketal safeners affects the expression of glutathione S-transferase isoforms. The BCPC International Congress Crop Science and Technology, vol. 1 and 2 Proceedings of an International Congress held at the SECC, Glasgow, Scotland. UK, 10 – 12 Nov. 2003. 819 – 824.
- Mauseth, J.D. (2003).** Botany, An Introduction to Plant Biology. Copyright by Jones and Bartlett Publisher, Inc.
- May, M. ; G. Champion ; M. Lainsbury ; P. Lutman and J. Sweet (2005).** BRIGHT sugar beet. *British Sugar Beet Review* 73 (2) : 18, 20 – 23.
- Mazza, C.A. ; D. Battista ; A.M. Zima ; M.S. Zwarcberg-Bracchitta ; C.V. Giordano ; A. Acovedo ; A.L. Scopel and C.L. Ballare (1999).** The effects of solar ultraviolet – B-radiation on the growth and yield

- of barley are accompanied by increased DNA damage and antioxidant responses. *Plant, Cell & Environment* 25 (1) : 61 – 70.
- McCarthy, K.W. ; N. Longnecker ; D.H.B. Sparrow and R.D. Graham (1988).** Inheritance of Manganese Efficiency in Barley. In : **M.J. Webb ; R.O. Nable ; R.D. Graham and R.J. Hannam (eds),** Int. Symp. Manganese in Soil and Plants. Manganese Symposium Inc. Adelaide, 121 – 122.
- McCaslin, M. and S. Fitzpatrick (2000).** Roundup Ready alfalfa. Proceedings / Reports of the American Forage and Grassland Council, 37 th. North American Alfalfa Improvement Conference, Madison , Wisconsin, July 16 – 19, 2000, 396 – 400.
- McCoy, T.J. (1987).** Characterization of alfalfa (*Medicago sativa* L.) plants regenerated from selected NaCl tolerant cell lines. *Plant Cell Rep.* 6 : 31 – 34.
- McLachlan, K.D. (1980).** Acid phosphatase activity of intact roots and phosphorus nutrition in plants. II : Variations among wheat roots. *Aust. J. Agric. Res.* 31 : 441 – 448.
- Melchiorre, M.N. ; H.R. Lascano and V.S. Trippi (2002).** Transgenic wheat plants resistant to herbicide BASTA obtained by microprojectile bombardment. *Bio Cell.* 26 (2) : 217 – 224.
- Mengel, K. and E.A. Kirkby (1982).** Principles of plant nutrition. 3rd ed. International Potash Institute, Bern.
- Metternicht, G.I. and J.A. Zinck (2003).** Remote sensing of soil salinity . potential and constraints. *Remote Sensing Environ.* 85 : 1 – 20.
- Miki, B.L. ; H. Labbe ; J. Hattori ; T. Ouellet ; J. Gabard ; G. Sunohara ; P.J. Charest and V.N. Iyer (1990).** Transformation of *Brassica napus* canola cultivars with *Arabidopsis thaliana* acetohydroxy-acid synthase genes and analysis of herbicide resistance. *Theor Appl Genet* 80 : 449 – 458.
- Minella, E. and M.E. Sorrells(1992).** Aluminum tolerance in barley: genetic relationships among genotypes of diverse origin. *Crop Sci.* 32: 593–598.
- Mondal, S. and D. Pal (2003).** Nitrogen uptake efficiency in relation to root CEC of hybrid rice and their parents. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan.8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 384.
- Moody, D.B. ; A.J. Rathjin ; B. Cartright ; J.G. Paull and J. Lewis (1988).** Genetic diversity and geographical distribution of tolerance to high levels of soil boron. pp. 859 – 865. In : T.E. Miller and R.M. Koebner (eds.). Proc. 7th Int. Wheat Genetics Symp. Cambridge, U.K.
- Moons, A. ; G. Bauw ; E. Primsem ; M.V. momtagu and D.V.D. Straeten (1995).** Molecular and physiological responses to abscisic acid and

- salts in roots of salt sensitive and salt tolerant Indica rice varieties. *Plant Physiol*, 107 : 177 - 186.
- Morgan, J.M. (1995).** Growth and yield of wheat lines differing in osmoregulative capacity at high soil water deficit in seasons of varying evaporative demands. *Field Crops Res.* 40, 143 – 152.
- Morgan, J.M. ; R.A. Hara and R.J. Flitcher (1986).** Genetic variation in osmoregulation in bread and durum wheats and its relationship to grain yield of field environments. *Aust. J. Agric. Res.* 37 : 61 – 70.
- Morishima, H. (1978).** The inheritance of copper tolerance in a hybrid population of rice. *Plant Soil* 16 : 263 – 265.
- Moroni, J.S. ; M. Conyers ; B.J. Scott ; N. Wratten ; R. Fisher ; G. Poile and Ray Cowley (2002 a).** Selection of rapeseed(*Brassica napus* L.) germplasm resistant to manganese toxicity. Abstracts, 12th Australasian Plant Breeding Conf., Perth, Western Australia, 15 – 20th September 2002, p 85.
- Moroni, J.S. ; K. Sato ; B.J. Scott ; B.J. Root ; M. Conyers ; R. Cowley ; R. Fisher and G. Poile (2002 b).** New and exotic barley germplasm resistant to acidic soil. Abstracts, 12th Australasian Plant Breeding Conf., Perth, Western Australia 15 – 20th September, 2002 P. 192.
- Moulay, B. (2004).** The physiological response of faba bean (*Vicia faba* L.) to the salinity. A study of the plant transpiration. *Egypt. J. Appl. Sci.* 19 (6) : 26 – 34.
- Moustafa, E.S.A. (2006).** Gene action and stability of Egyptian cotton yield (*Gossypium barbadense* L.) under Wady Suder conditions. Ph. D. Thesis, Fac. of Agric., Zagazig Univ., Egypt.
- Mukherjee, K. ; A. Roychaudhury and D.N. Sengupta (2003).** Expression of abscisic acid responsive element. Binding proteins in salt sensitive and salt tolerance rice cultivars. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 237.
- Mullison, W.R. ; R.W. Bovey ; A.P. Burhalter ; T.D. Burkhalter ; H.M. Hull ; D.L. Sutton and R.E. Talbert (1979).** Herbicide Handbook. Weed Sci. Soc. of America, 4th ed. Champaign IL.
- Murakami, T. ; S. Matsuba ; H. Funatsuki ; K. Kawguchi ; H. Saruyama ; M. Tanida and Y. Sato (2004).** Over-expression of a small heat shock protein, sHSP 17.7, confers both heat tolerance and UV-B resistance to rice plants. *Molecular Breeding* 13 (2) : 165 – 175.
- Muramoto, S. (1989).** Heavy metal tolerance in rice plants (*Oryza sativa* L.) to some metal oxides at the critical levels. *J. Environ. Sci. and Health (Part B) : Pesticides, Food Contaminants and Agricultural Wastes* B 24 : 559 - 568.
- Nabors, M.W. (1983).** Increasing salt and drought tolerance of crop plants, in *Current Topics in Plant Biochemistry and Physiology*. Vol. 2, Randall

- D. D. Blevins, D. G. and Larson, R. L. Eds., University of Missouri, Columbia, 165.
- Nakajima, S. ; M. Sugiyama ; S. Iwai ; K. Hitomi ; E. Otoshi ; S.T. Kim ; C.Z. Jiang ; T. Todo ; A.B. Britt and K. Yamamoto (1998).** Cloning and characterization of a gene (*UVR3*) required for photorepair of 6 – 4 photoproducts in *Arabidopsis thaliana*. *Nucleic Acids Res* 25 : 764 – 768.
- Narasimhan, M. ; M.L. Binzel ; E. Peroz-Prat ; Z. Chen ; D.E. Nelson ; N.K. Singh ; R.A. Bressan and P.M. Hasegawa (1991).** NaCl regulation of tonoplast ATPase 70-kilodalton subunit mRNA in tobacco cells. *Plant Physiol*, 97 : 562 – 568.
- Nassib, A.M. ; E.E. Hassanein and A.H.A. Hussein (1990).** Broomrape control in faba (*Vicia faba* L.) with reduced rates of glyphosate mixed with three adjuvants. *Ann. Agric. Sci. Moshtohor* 28 (1): 17– 25.
- Netondo, G.W. ; J.C. Onyango and E. Beck (2004a).** Sorghum and salinity : I. Response of growth, water relations and ion accumulation to NaCl salinity. *Crop Sci.* 44 : 797 – 805.
- Netondo, G.W. ; J.C. Onyango and E. Beck (2004b).** Sorghum and salinity : II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress . *Crop Sci.* 44 : 806 – 811.
- Nigem, S.A. ; A.A. El-Khawaha ; E.T. Kishk and A. Ibraheem (1996).** Estimation of some characters related to salt tolerance in wheat. Ph.D. Thesis. Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Zagazig University.
- Ninamango-Cardenas, F.E. ; C.T. Guimaraes ; P.R. Martins ; S.N. Parentoni ; N.P. Carneiro ; M.A. Lopes ; J.R. Moro and E. Paiva (2003).** Mapping QTLs for aluminum tolerance in maize. *Euphytica* 130 : 223 – 232.
- Niu, X. ; R.A. Bressan ; P.M. Hasegawa and J.M. Pardo (1995).** Ion homeostasis in NaCl stress environments. *Plant Physiol.* 109 : 735 – 742.
- Nordquist, P.T. ; G.W. Hergert ; B.A. Skates ; W.A. Compton and J.P. Markwell (1992).** Phenotypic expression of different maize hybrid genotypes grown on saline-sodic soil. *Journal of Plant Nutrition(USA)*. V. 15 (10) : 2137 – 2144.
- Norlyn, J.D. (1981).** Breeding salt tolerant crop plants. In : *Genetic Engineering of Osmoregulation; Impact on Plant Productivity for Food. Chemical and Energy*. Rains, D. W., Valentine, R. C. and Hollaender, A., Eds., Plenum Press, New York. 381.
- Norsworthy, J.K. (2004).** Tolerance of a glyphosate – resistant soybean to late – season glyphosate applications. *Weed Technology.* 18 (2) : 454 – 457.

- Ohad, N. and J. Hirschberg (1990). A similar structure of the herbicide binding site in photosystem II of plants and cyanobacteria is demonstrated by site specific mutagenesis of the *psbA* gene. *Photosynthesis Research* 23 : 73 – 9.
- Olmos, I.L.J. and M.N. Camargo (1976). Aluminum toxicity in Brazilian soils : characterization and distribution. *Ciencia e Cultura* 28 : 171 – 180.
- O'Sullivan, J. ; R.J. Thomas and P.Sikkema (2001). Sweet corn (*Zea mays*) cultivar sensitivity to RPA 201772. *Weed Technolgy*. 15 (2) : 332 – 336.
- Oushy, H.S. ; O. Niemelainen ; M.A. El-Nabrawy and I.A. Hanna (1999). Seasonal variation in performance of alfalfa genotypes under sandy soil condition. 1. Yield and yield components. *Proceed. 1st Pl. Breed. Conf.* December 4, 1999 Giza. Egypt. *J. Plant Breed.* 3 : 281 – 296.
- Oxtoby, E. and M.A. Hughes (1989). Breeding for herbicide resistance using molecular and cellular techniques. *Euphytica* 40 : 173 – 80.
- Ozawa, K. and H. Kawahigashi (2006). Positional cloning of the nitrite reductase gene associated with good growth and regeneration ability of calli and establishment of a new selection system for Agrobacterium-Mediated transformation in Rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Science*. 170 (2) : 384 – 393.
- Padgett, S.R. ; D.B. Re ; G.F. Barry ; D.E. Eicholtz ; X. Delannay ; R.L. Fuchs ; G.M. Kishore and R.T. Fraley (1996). New weed control opportunities : Development of soybeans with a roundup ready gene. In : *Herbicide Resistant Crops : Agricultural, Environmental, Regulatory and Technical Aspects*. PP. 53 – 84. CRC Press Lewis Publishers, Boca Raton.
- Pallotta, M.A. ; R.D. Graham ; P. Langridge ; D.H.B. Sparrow and S.J. Barker (2000). RFLP mapping of manganese efficiency in barley. *Theor. Appl. Genet.* 101 : 1100 – 1108.
- Palta, J.A. ; N.C. Turner and R.J. French (2002). Genotypic variation in the response of narrow leafed lupine to nitrogen supply. 12th Australasian Plant Breeding Conf. Perth, Western Australia 15 – 20th September 2002 P. 174.
- Pandey, R. and B. Singh (2003). Phosphorus (P^{32}) uptake and acid phosphatase activity of three cereal species under phosphorus stress. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 405.
- Pant, R.C. (2003). Iron acquisition in higher plants. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 360.

- Panwar, S.M. ; R.C. Patil ; M.B. Jadhav ; K.M. Gawari ; V.P. Bhalerao and P.G. Bhol (2003).** Studies on performance and mechanism of salt tolerance in different sugarcane genotypes. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 189.
- Pareek, A. ; S.L. Singla and A. Grovw (1997).** Salt responsive proteins / genes in crop plants. In : Jaiwal, P.K. ; R.P. Singh and A. Gulati. Strategies for improving salt tolerance in higher plants. Science of Publisher Inc. USA.
- Pareek, S.L.S. ; M.K. Reddy and S.K. Sopory (2003).** Manipulation of glyoxalase pathway leads to salinity tolerance in transgenic tobacco. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 454.
- Parihar, S.K.S. and T.P. Singh (2003).** Effect of saline water irrigation on germination, seed yield, chlorophyll content and sodium / potassium ratio in wheat. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 177.
- Pauk, I. ; R. Mihaly ; A. Meszaros ; G. Schwarz and R. Hansch (2000).** Transformation of foreign gene and sexual transfer of transgene in wheat. Use of agriculturally important genes in biotechnology Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop, Szeged, Hungary, 17 – 21 October, p. 112 – 116.
- Paull, J.G. ; R.O. Nable and A.J. Rathjin (1992).** Physiological genetic control of the tolerance of wheat to high concentrations of boron and implications of plant breeding. Plant Soil 146 : 251 – 260.
- Perby, H. and P. Jensen (1987).** Vegetative adaptation to nitrogen stress regimes in two barley cultivars with different N requirement. PP. 361 – 367. In : W.H. Gabelman and B.C. Loughman (eds.). Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition. Dordrecht, Netherlands ; Martinus Nijhoff.
- Perez-Prat, E. ; M.L. Narasimhan ; X. Niu ; M.A. Botella ; R.A. Bressan ; V. Valpuesta ; P.M. Hasegawa and M.L. Bnizel (1994).** Growth cycle stage-dependent NaCl induction of plasma membrane H⁺-ATPase mRNA accumulation in de-adapted tobacco cells. Plant Cell Environ, 17 : 327 – 333.
- Picon-Rubio,-Luis and J.L. Rodriguez-Ontiveros (1990).** Physiological behaviour of maize and sorghum in field and green house, under irrigation and drought. Agrociencia (Mexico). Serie Fitociencia. 1 (2) : 95 – 119.
- Pirayvatlou, A.S. and A. Saidi (2002).** Genotype environment interaction and stability of yield and physiological response to water limited environments in bread wheat. Abstracts : 12th Australasian Plant

Breed. Conf., Perth, Western Australia, 15 – 20th September 2002, P. 229.

- Pitman, M.G. (1984).** Transport across the root and shoot / root interactions. In R.C. Staples and G.H. Toenniesson, *Salinity Tolerance In Plants. Strategies for Crop Improvement*. John Wiley and Sons, PP 93 – 123.
- Pitman, M.G. and H.D.W. Saddler (1967).** Active sodium and potassium transport in cells of barley roots. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 57, 44.
- Plant, A.L. ; A. Cohen ; M.S. Moses and E.A. Bray (1991).** Nucleotide sequence and spatial expression pattern of a drought and abscisic acid-induced gene of tomato. *Plant Physiol*, 97 : 900 – 906.
- Poljakoff-Mayber, A. and H.R. Lerner (1999).** Plants in Saline Environments in *Handbook of Plant and Crop Stress*, 2nd Edition (Pessarakli, M, ed). Marcel Dekker Inc. New York.
- Pornprom, T. ; J. Chompoo and B. Grace (2003).** Glufosinate tolerance in hybrid corn varieties based on decreasing ammonia accumulation. *Weed – Biology and Management*. 3 (1) : 41 – 45.
- Poschendieder, C. ; B. Gunse and J. Barcelo (1989).** Influence of cadmium on water relations, stomatal resistance, and abscisic acid content in expanding bean leaves. *Pl. Physiol*. 90 : 1365 – 1371.
- Pozniak, C.J. ; and P.J. Hucl (2004).** Genetic analysis of imidazolinone resistance in mutation-derived lines of common wheat. *Crop Science*. 44 (1) : 23 – 30.
- Pozniak, C.J. ; I.T. Birk ; L.S.O. Donoughue ; C. Menard ; P.J. Hucl and B.K. Singh (2004).** Physiological and molecular characterization of mutation – derived imidazolinone resistance in spring wheat. *Crop Sci*. 44 : 1434 – 1443.
- Prammanee, S. (2004).** Cellular and molecular basis of salt tolerance in sugarcane. *Proc. Interl. Symp. on Sustainable Sugarcane & Sugar Production Technol*, Nanning, P.R. China PP 327 – 330.
- Pratt, P.F. (1972).** Quality Criteria for Trace Elements in Irrigation Water. *Calif. Agric. Expt. Sta.* p. 46
- Presterl, T. ; G. Seitz ; M. Landbeck ; E.M. Thiemt ; W. Schmidt and H. H. Geiger (2003).** Improving nitrogen use efficiency in European maize : estimation of quantitative genetic parameters. *Crop Sci*. 43 (4) : 1259 – 1265.
- Qi-Zhi ; M. Yue ; X. Wang ; Z. Qi and X.L. Wang (2000).** Laser pretreatment protects cells of broad bean from UV-B radiation damage. *J. of Photochemistry and Photobiology- B, B,-Biology* 59 (1 – 3) : 33 – 37.
- Quisenberry, J.E. (1979).** Breeding for drought resistance and plant water use efficiency. In. H. Mussel and R.C. Staples (Eds). “ *Stess Physiology in Crop plants* “ pp. 193 – 212. John Wiley & Sons, N.Y.

- Rabideaux, G.S. W.G. Whaley and C. Heimsen (1950).** The absorption and distribution of radioactive phosphorus in two maize inbreds and their hybrid. *Am. J. Bot.* 37 : 93 – 99.
- Radwan, M.S. ; S.E. El-Kalla ; M.S. Sultan and M.A. Abd El-Moneam (2001).** Differential response of maize hybrids to nitrogen fertilization. *The second Pl. Breed. Conf.* October 2 , 2001, 121 – 137.
- Radwan, M.S. ; S.A. Shrief and A.A. Ali E.M. Habib (2003).** Differential response of maize single cross hybrids to moderate N-fertility. *Egypt. J. Plant Breed.* 7 (1) : 607 – 620.
- Raghuram, N. and S.K. Sopory (1995).** Light regulation of nitrate reductase gene expression mechanism and signal response coupling. *Physiol Mol Biol Plants*, 1 : 103 – 114.
- Rainbolt, C.R. ; D.C. Thill ; R.S. Zemetra and D.L. Shaner (2005).** Imidazolinone-resistant wheat acetolactate synthase in vivo response to imazamox. *Weed Technology.* 19 (3) : 539 – 548.
- Rains, D.W. ; S.S. Croughan and T.P. Croughan (1986).** Isolation and characterization of mutant cell lines and plants : salt tolerance. In *Cell Culture and Somatic Cell Genetics of Plants*. Vol 3 (Ed. Vasil, IK) Academic Press, Orlando, FL, pp 537 – 547.
- Raiz, A. ; M.S. Swati ; R. Hidayat ; R. Ahmed and M. Imtiaz (1998).** Effect of different salinity levels on emergence and early seedling growth of wheat genotypes. *Sarhad J. Agric.* 14 (4) : 321 – 326.
- Rajguru, S.N. ; N.R. Burgos ; V.K. Shivrain and J.M. Stewart (2005).** Mutations in the red rice *ALS* gene associated with resistance to imazethapyr. *Weed Science.* 53 (5) : 56 - 70.
- Ralph, W. (1992).** Boron problems in the southern wheat belt. *Rural Research* No. 153 : 4 – 8.
- Ramage, R.T. (1980).** Genetic methods to breed salt tolerance in plants. In *Genetic Engineering of Osmoregulation. Impact on Plant Productivity for Food. Chemicals and Energy.* (Eds. Rains DW, Valentine RC and Hollaender A) Plenum Press. New York, pp 311 – 318.
- Ramagopal, S. (1987).** Differential mRNA transcription during salinity stress in barley. *Proc Natl Acad Sci USA*, 84 : 94 – 98.
- Ramagopal, S. (1988).** Sodium chloride effects on dedifferentiation and protein synthesis. In root meristem cultures of two contrasting barley genotypes. *J. Plant Physiol.* 132 : 245 – 250.
- Ramulu, C.A. (2001).** Herbicide resistance in soybean cell suspension cultures. *J. of Phytological Research.* 14 (2) : 211 – 214.
- Rao, S.A. and T. McNeilly (1999).** Genetic basis of variation for salinity tolerance in maize (*Zea mays* L.). *Euphytica* 108 : 145 – 150.
- Read, M. and J.G. Ball (1999).** The development of glufosinate ammonium for use in genetically modified crops of winter and spring oilseed rape

- in northern Britain. Proc. Crop Protect. Northern Britain. pp. 115 – 120.
- Reda, M.A. ; E.A. Basyouny ; Sh.E.B. Ibrahim and S.A.I. Eisa (2003).** The role of proline and organic manure in plant salt tolerance. Egypt. J. Appl. Sci. 18 (2) : 392 – 406.
- Reid, D.A. (1971).** Genetic control of reaction to aluminum in winter barley. In : R.A. Nilan (Ed.). Barley Genetics II. Proc 2nd Int. Barley Genet Symp, pp 409 – 413. Washington State University Press, Pullman.
- Rengel, Z. (1992).** The role of calcium in salt toxicity. Plant Cell Environ, 15 : 625 – 632.
- Rezai, A.M. and G. Saeidi (2005).** Genetic analysis of salt tolerance in early growth stages of rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes. Indian J. Genet. 65 (4) : 269 – 273.
- Rhoades J.D. (1990).** Overview. Diagnosis of salinity problems and selection of control practices. In K.K. Tanji (ed.), Agricultural Salinity Assessment and Management. ASCE Manual and Reports on Engineering Practico, 71 : 18 – 41.
- Rhodes, D. and P.J. Rich (1987).** Genetics of glycine betaine deficiency in *Zea mays*. Plant physiol., 83 (4 Suppl.) : 7.
- Rhue, R.D. and C.O. Grogan (1977).** Screening cotton for aluminum tolerance using different Ca and Mg concentrations. Agron. J. 69 : 755 – 760.
- Richards, R.A. (1992).** Increasing salinity tolerance of grain crops : is it worth while ? Plant and Soil, 146 : 89 – 98.
- Riede, C.R. and J.A. Anderson (1996).** Linkage of RFLP markers to an aluminum tolerance gene in wheat. Crop Sci. 36 : 905 – 909.
- Rieger, M.A. ; C. Preston and S.B. Powles (1999).** Risks of gene flow from transgenic herbicide – resistant canola (*Brassica napus*) to weedy relatives in southern Australian cropping systems. Aust. J. Agr. Res 50 : 115 – 128.
- Rios, R.D. ; H. Saione ; C. Robredo ; A. Acevedo ; N. Colombo and A.R. Prina (2003).** Isolation and molecular characterization of atrazine tolerant barley mutants. Theoretical and Applied Genetics. 106 (4) : 696 – 702.
- Rivelli, A.R. ; R.A. James ; R. Muns and A.G. Condon (2002).** Effect of salinity on water relation and growth of wheat genotypes with contrasting sodium uptake. Funct. Plant Biol. 29 : 1065 – 1074.
- Rosca, I.I. (2004).** Impact of genetically modified herbicide resistant maize on the arthropod fauna. Bulletin OILB / SROP. 27 (3) : 143 – 146.
- Sabry, S.R.S. ; O.M. Abd El-Fatah ; M.A.M.M. Aly and H.M.M. Elgharbawy (2006).** Evaluation of salinity tolerance of R₄ wheat

- (*Triticum aestivum* L.) regenfrant lines developed under different salinity levels. J. Agric. Sci. Mansoura Univ., 31 (7) : 4119 – 4129.
- Sadek, J.G.** (2006). Improving wheet productivity by some micronutrients fertilization. Egypt. J. of Appl. Sci. 21 (11) : 347 – 365.
- Sairam, R.K. ; K.V. Rao ; G.C. Srivasrava and R.C. Meena** (2003). Physiology and biochemistry of salinity-stress tolerance in wheat genotypes. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 260.
- Sale, P.W.G. and L.C. Campbell** (1987). Differential response to K deficiency among soybean cultivars. Plant Soil 104 : 183 – 190.
- Salem, A.H. ; H.A. Awaad ; A.I.A. Hassan and E.S.A. Moustafa** (2006). Genetic analysis of yield, yield components and some chemical constituents in six Egyptian cotton crosses. Zagazig J. Agric. Res. 33 (1) : 1 – 26.
- Salib, A.G. ; M.A. Doheim ; M.A. Ghozlan and A.I. El-Sayed** (2003). Studies on protein, proline and carbohydrate relation to plant tolerance. Zagazig J. Agric. Res. 30 (2) : 507 – 517.
- Sallam, H.A. and S.A.N. Afiah** (1998). Evaluation and screening some wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in relation to chemical constituents under saline conditions. Proc. 8th Conf. Agron. Suez Canal. Univ., Ismailia, Egypt, 28 – 29 Nov. 1998 P. 1 – 18.
- Sandhu, S.S. ; C.R. Bastos ; L.E. Azini ; A.J. Neto and C. Colombo** (2002). RAPD analysis of herbicide – resistant Brazilian rice lines produced via mutagenesis. Genetics and Molecular Research. 1 (4) : 359 – 370.
- Sastry, E.V.D. and L.S. Dhayal** (2003). Effect of salinity on the genetics of plant nutrients uptake in wheat (*Triticum aestivum* L.). Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 402.
- Sato, T. and T. Kumagai** (1997). Role of UV-B absorbing compound in genetic differences in the resistance to UV-B radiation in rice plants. Breed. Sci. 47 : 21 – 26.
- Sato, T. ; T. Ueda ; Y. Fukuta ; T. Kumagai and M. Yano** (2003). Mapping of quantitative trait loci associated with ultraviolet-B resistance in rice (*Oryza sativa* L.). Theoretical and Applied Genetics. 107 (6) : 1003 – 1008.
- Saxena, C.M. and Y.V.S. Rao** (2003). Spectral and thermal characteristics of maize as a measure of N-deficiency. Abstr. : 2nd International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 410.
- Sayed-Ahmed, M. ; S.A.A. Soliman and A.F. Abd El-Maksoud** (1999). A genetic approach to study some mineral contents in rice grains under salt and drought conditions. Zagazig J. Res. 26 (6) : 1609 – 1623.

- Scherder, E.F. ; R.E. Talbert and S.D. Clark (2004).** Rice (*Oryza sativa*) cultivar tolerance to clomazone. *Weed Technology*. 18 (1) : 140 -- 144.
- Schonfeld, M.A. ; R.C. Johnson ; B.F. Carver and D.W. Mornhinweg (1988).** Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. *Crop Sci*. 28 : 536 – 541.
- Schunmann, P.H.D. ; A.E. Richardson ; C.E. Vickers and E. Delhaize (2004).** Promoter analysis of the barley Pht1 ; 1 phosphate transporter gene identifies regions controlling root expression and responsiveness to phosphate deprivation. *Plant Physiology* 136 (4) : 4205 – 4214.
- Selezneva, E.M. ; E. Ya-Zyablitskaya and L.I. Goncharova (2002).** Ability of barley varieties differing in ultraviolet-B sensitivity to recover and adapt. *Russian Agric. Science*. (11) : 11 – 14.
- Senior, I.J. and A.D. Bavage (2003).** Comparison of genetically modified and conventionally derived herbicide tolerance in oilseed rape : A case study. *Euphytica* 132 : 217 – 226.
- Setia, R.C. ; J. Kaila and C.P. Malik (1988).** Effects of NiCl₂ toxicity on stem growth and ear development in *Triticum aestivum* L. *Phytomorphology* 38 : 21 – 27.
- Shaheen, R. and R.C. Hood-Nowotny (2005).** Carbon isotope discrimination : potential for screening salinity tolerance in rice at the seedling stage using hydroponics. *Plant Breeding* 124 : 220 – 224.
- Shakour, Alia A. ; M.A. Hassanien and Asmaa Mekawy (2006).** Environmental pollution in south Cairo, Egypt. *J. of Appl. Sci*. 21 (11 B) : 756 – 771.
- Shankhdhar, D. ; S.C. Shankhdhar and R.C. Pant (2003).** Somatic embryogenesis and plant regeneration under saline conditions in Indica rice (*Oryza sativa* L.). Abstr. : 2nd International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 195.
- Shannon, M.C. and C.L. Noble (1990).** Genetic approaches for developing economic salt tolerant crops. In *Agricultural Salinity Assessment and Management*. (Ed. Tanji K.K.) ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice no. 71, ACSE, New York, pp 161 – 185.
- Sharaan, A.N. and K.H. Ghallab (2002).** Selection in canola (*Brassica napus* L.) germplasm under conditions of newly reclaimed land. 1. variability and genetic parameters in the base lines. *Egypt. J. Plant Breed*. 6 (2) : 1 – 13.
- Sharma, S.K. (1995).** Effects of salinity on growth performance and internal distribution of Na⁺, K⁺ and Cl⁻ in *Vicia faba* L. *Indian J. of Plant Physiology* 38 (1) : 69 – 72.

- Sharma, A.K. ; P.C. Srivastava and B.N. Johri (1994) Contribution of VA mycorrhiza to zink uptake in plants. pp. III – 123. In : J.A. Manthey, D.E. Crowley, and D.G. Luster (eds.), Biochemistry of Metal Micronutrients in the Rhizosphere. Lewis Publishers, Boca laaton, FL.
- Sharmila, P. and P.P. Saradhi (2003). Potential application of metabolic engineering for manipulating compatible solute production to enhance tolerance of crop plants to osmotic stress. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology. Jan.8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 451.
- Shea, P.F. ; W.H. Gabelman and G.C. Gerloff (1967). The inheritance of efficiency in potassium utilization in snap beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 91 : 286 – 293.
- Shehata, S.M. (2004). Line x testers analysis of combining ability under salinity and drought conditions in rice (*Oryza sativa* L.). Egyptian J. of Agric. Res. 82 (1) : 119 – 138.
- Sherif, M.A. ; T.R. El-Beshbeshy and C. Riehter (1998). Response of some Egyptian varieties of wheat (*Triticum aestivum* L.) to salt stress through potassium application. Bull Fac. Agric., Cairo Univ. 49 (1) : 129-151
- Shimizu, T.; S. Akada; M. Senda; R. Ishikawa; T. Harada ; M. Niizeki and S. K. Dube (1999). Enhanced expression of different inducibility of soybean chalcone synthase genes by supplemental UV- B in dark grown seedlings.Plant Molecular Biology 3 9 (4) : 785 – 795.
- Shukla, P.K. ; S.C. Mani and R.C. Pant (2003). Genotypic differnces in nutrient status of rice (*Oryza sativa* L.) under different nutrient doses. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology. Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 381.
- Siddiqi, M.Y. and A.D.M. Glass (1981). Utilization index : a modify approach to the estimation and comparison of nutrient utilized efficiency in plants. J. Plant Nutr. 4, 289 – 302.
- Sidhu, R.S. ; B.G. Hammond ; R.L. Fuchs ; J.N. Mutz ; L.R. Holden ; B. George and T. Olson (2000). Glyphosate-tolerant corn : the composition and feeding value of grain from glyphosate-tolerant corn is equivalent to that of conventional corn (*Zea mays* L.). J. of Agric. and Food Chemistry. 48 (6) : 2305 – 2312.
- Singh, A.L. (2003). Identification of P – efficient groundnut genotypes. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology. Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 365.
- Singh, B.D. (2004). Plant Breeding , Principles and Methods. Kalyani Publishers, New Delhi, India.
- Singh, P. (2001). Essentials of Plant Breeding. Kalyan ; Publishers, New Delhi, India.

- Singh, U. (1985). A crop growth model for predicting corn (*Zea mays* L.) performance in the tropics. Ph.D., Thesis University of Hawaii.
- Singh, B.N. and R.P. Singh (1984). Tolerance for iron deficiency in rice. Int. Rice Res. Newsl. 9 (6) : 8 – 9.
- Singh, K.N. and R.S. Rana (1985). Genetic variability and character associated in wheat varieties grown on sodic soil. Indian J. Agric. Sci. 55, 723 – 726.
- Singh, S.P. and D.T. Westermann (2002). A single dominant gene controlling resistance to soil zinc deficiency in common bean. Crop Sci. 42 : 1071 – 1074.
- Singh, N. ; A.K. Singh and R.C. Pant (2003a). Studies on uptake and distribution of iron in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) plants. Abstr. 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan 8 – 12, 2003, New Delhi, India p. 384.
- Singh, R.A. ; A.P. Singh ; N.K. Roy and A.K. Singh (2003b). Physiology of iron efficient / inefficient chickpea genotypes in calciorthent soil. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology. Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 365.
- Singh, B.K. ; J. Kumar ; S.S. Yadav ; N. Gary and B. Singh (2003c). Effects of salt stress on growth, nodulation, N₂ and carbon fixation of genetically diverse lines of chickpea. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology. Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 175.
- Singh, D.K. ; K.P. Singh and M. Pal (2003d). Antioxidant enzymes activity and salt tolerance in rice cultivars. Abstr. 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan 8 – 12, 2003, New Delhi, India p. 260.
- Singh, A.K. ; R.A. Singh and N.K. Roy (2003e). Physiological basis of salt tolerance in germinating chickpea seeds. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology. Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 166.
- Snape, J.W. ; W.J. Angus ; B.B. Parker and D. Leckie (1987). The chromosomal locations in wheat of genes conferring differential response to the wild oat herbicide Difenzoquat. J. Agric. Sci. 108 : 543 – 548.
- Snyman, S.J. and N.B. Leibbrandt (2003). Evaluation of transgenic herbicide (*glufosinate ammonium*) resistant sugarcane (*Saccharum* spp. Hybrids) under field conditions. Plant biotechnology and beyond proceedings of the 10th . IAPTC and B- Congress, Orlando, Florida, USA, 23 – 28. June 2002. 151 – 152.
- Sohail-Ahmed ; R.M. Wilkins ; D. Mantle and M.N. Begum (2005). Intracellular proteases and resistance in plants. International J. of Agric. and Biology. 7 (1) : 30 – 34.

- Soliman, S.S.A. ; M.S. Eisa ; T.A. Ismail ; A. Nadia, Naguib and F. Azza, El-Sayed (2003).** Induction of salt tolerance mutants in faba bean (*Vicia faba* L.) 1. Promising line mutants under saline and normal soil conditions. Zagazig J. Agric. Res. 30 (1) : 213 – 229.
- Soltali, N. ; P.H. Sikkema and D.E. Robinson (2005).** Sweet corn hybrid responses to thifensulfuron-methyl. HortScience 40 (5) : 1381 – 1383.
- Somers, D.J. ; K.G. Briggs and J.P. Gustafson (1996).** Aluminum stress and protein synthesis in near isogenic lines of *Triticum aestivum* differing in aluminum tolerance. Physiol. Plant. 97 : 694 – 700.
- Sparrow, D.H.B. ; R.D. Graham ; J.S. Ascher and W.J. Davies (1983).** Breeding barleys tolerant to manganese deficiency. PP. 66 – 70. In : C.J. Driscoll (ed.). Aust. Plant Breeding Conf., Adelaide, Australia ; Organizing Committee, Standing Committee on Agriculture.
- Spear, S.N. ; C.J. Asher and D.C. Edwards (1978).** Response of cassava, sunflower and maize to potassium concentration in solution. II : Potassium absorption and its relation to growth. Field Crops Res. 1 : 363 – 373.
- Spehar, C.R. (1995).** Genetic differences in the accumulation of mineral elements in seeds of tropical soybean (*Glycine max* L. Merrill). Pesquisas – Agropecuarias – Brasileiras 30 : 89 – 94.
- Spiertz, J.H.J. and J. Vos (1985).** Grain growth of wheat and its limitation by carbohydrate and nitrogen supply. P. 129 – 141. In : W. Oay and R.K. Atkin (ed.) wheat growth and modelling. Plenum Press New York.
- Spivakov, N.S. (1990).** Genetic control and the nature of inheritance of the capacity of sorghum plants to assimilate phosphates not readily accessible. Doklady Vsesoyuznoi Ordena Linina I Ordena Trudovogo Krasnogo Znameni Akademii Sel skokozyaiztvennykh Nauk (Moskva) No. 4 : 52 – 57.
- Srivastava, R.P. ; S.P. Singh ; K. Lal and S.B. Singh (2003).** Quantitative and qualitative losses in different maturity groups of the sugarcane crop under salt affected soil. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology. Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 188.
- Staples, R.C. and G.H. Toenniessen (1984).** Salinity Tolerance In Plants. New York.
- Stiborova, M. (1988).** Cd²⁺ ions affect the quaternary structure of ribose- 1, 5-biphosphate carboxylase from barley leaves. Biochem. Physiol. Pflanzen 183 : 371 – 378.
- Stiborova, M. ; M. Doubaravova and S. Leblova (1986).** A comparative study of the effect of heavy metal ions in ribulos 1, 5-biphosphate

- carboxylase and phosphoenol pyruvate carboxylase. *Biochem. Physiol. Pflanzen* 181 : 373 – 379.
- Subbaiah, G.V. ; P.S. Rao and C.S. Rao (1995). Effect of graded levels of salinity of N, P and K uptake and K / Na ratio in eleven cotton cultivars. *J. Potassium Res.*, 11 (2) : 176 – 184. (C. F. Plant Breed. Abst., 66 (9), 1996).
- Subedi, K.D. ; C.B. Budhathoki and M. Subedi (1997). Variation in sterility among wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in response to boron deficiency in Nepal. *Euphytica* 95 : 21 – 26.
- Sultana, S. ; M.A. Islam and R. Islam (2001). Genotypic variation for heading date, biomass and its components of wheat under water and phosphorus stress. *Bangladesh J. of Training and Development*. 14 (1 / 2) : 205 – 212.
- Sumesh, K.V. ; M. Pal and M. Rai (2003). Physiological analysis of transgenic tobacco for salt tolerance Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 225.
- Swanson, E.B. ; M.J. Herrgesell ; M. Arnolodo ; D.W. Sippell and R.S.C. Wong (1989). Microspore mutagenesis and selection : Canola plants with field tolerance to the imidazolinones. *Theor Appl Genet* 78:525–530.
- Swanson, E.B. ; M.P. Coumans ; G.L. Brown ; J.D. Patel and W.D. Beversdorf (1988). The characterization of herbicide tolerant plants in *Brassica napus* L. after *in vitro* selection of microspores and protoplasts. *Plant Cell Rep.* 7 : 83 – 87.
- Swantek, J.M. ; C.H. Sneller and L.R. Oliver (1998). Evaluation of soybean injury from sulfentrazone and inheritance of tolerance. *Weed Sci.* 46 : 271 – 277.
- Syme, I.R. (1972). Features of high-yielding wheats grown at two seed rates and two nitrogen levels. *Aust. J. Exp. Agric. An. Husb.* 12 – 165.
- Taiz, L. and A. Zeiger (Ed.) (1991). *Plant Physiology*. The Benjamin / Cummings. Publishing Co., Inc. Redwood City, California, USA.
- Tang, Y. ; M.E. Sorrells ; L.V. Kochian and D.F. Garvin (2000). Identification of RFLP markers linked to the barley aluminum tolerance gene *Alp*. *Crop Sci.* 40 : 778 – 782.
- Tao, Y.Z. ; R.G. Henzell ; D.R. Jordan ; D.G. Butler ; A.M. Kelly and A.M. McIntyre (2000). Identification of genomic regions associated with stay green in sorghum by testing RILS in multiple environments. *Theor. Appl. Genet.* 100 (8) : 1225 – 1232.
- Tarczynski, M.C. ; R.G. Jensen and H.J. Bohnert (1993). Stress protection of transgenic tobacco by production of the osmolite, mannitol. *Science*, 259 : 109 – 117.

- Taregyan, M.R. ; A.M. Mortimer ; P.D. Putwain and H.A. Collin (2001).** Selection for resistance to the herbicide imazethapyr in somaclones of soybean. *Weed Research Oxford*. 41 (2) : 143 – 154.
- Tattini, M. (1994).** Ionic relations of aeroponically grown olive genotypes during salt stress. *Plant Soil*. 161 : 251 – 256.
- Tayal, D. ; E. S. Srivastava and K.C. Bansal (2003).** Development of transgenic Indian mustard for abiotic stress tolerance . Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 479.
- Tepe, M. and H. Harms (1995).** Influence of abiotic stress on the GSH / GSSG system of plant cell cultures. *Z. Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 158 (1) : 75 – 78.
- Teranishi, M. ; Y.I. Wamatsu ; J. Hidema and T. Kumagai (2004).** Ultraviolet-B sensitivities in Japanese lowland rice cultivars : cyclobutane pyrimidine dimer photolyase activity and gene mutation. *Plant and Cell Physiology*. 45 (12) : 1848 – 1856.
- Thirumeni, S. ; M. Subramanian and K. Paramasivam (2000).** Combining ability and gene action in rice under salinity. *Tropical Agricultural Res*. 12 : 375 – 385.
- Tikhomirov, F.A. ; L.G. Magina and E.V. Kiseleva (1988).** Effect (and residual effect) on plants of high copper and nickel concentrations in soil. *Moscow Univ. Soil Sci. Bull*. 43 : 24 – 27.
- Trabine Jad, J. and M. M. Caldwell (2000).** Inheritance of UV-B tolerance in seven ecotypes of *Arabidopsis thaliana* L. Heynh. and their F1 hybrids. *J. of Heredity* 91 (3) : 228-233.
- Tripathi, M.K. ; M.K. Yadav ; A.K. Gaur and D.P. Mishra (2005).** PCR based isolation of *psbA* (herbicide binding protein encoding) gene using chloroplast and genomic DNA from *Phalaris minor* biotypes(5). *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 11 (1) : 161 – 163.
- Trivedi, S. ; G. Galiba ; N. Sankhla and L. Erdei (1991).** Responses of osmotic and NaCl stress of wheat varieties differing in drought and salt tolerance callus cultures. *Plant Sci. Limerick*, 73 (2) : 227 – 232.
- Udovenko, C.V. ; L.A. Semushina ; V.S. Saakov ; V.L. Galbin ; V.A. Koshin and T.A. Kunchenko (1974).** Effect of salinization on the state of activity of photosynthetic apparatus on plant. *Rast.*, (21) : 623 – 629.
- Ueda, T. ; T. Sato ; H. Numa and M. Yano (2004).** Delimitation of the chromosomal region for a quantitative trait locus, *QUVR - 10*, conferring resistance to ultraviolet – radiation in rice(*Oryza sativa* L.). *Theor. Appl. Genet*. 108 : 385 – 391.
- Uma, M.S. and B.C. Patil (1996).** Inter-species variation in the performance of cotton under soil salinity stress. *Karnataka J. Agric. Sci.*, 9 (1) : 73 – 77. (C. F. Field Crop Abst., 50 (8), 1997).

- Uma, M.S. ; D.P. Viswanath and M.R.G. Rao (1995). Relative performance of cotton genotypes under different levels of salinity irrigation waters. Madras Agricultural J., 82 (1) : 15 – 18. (C. F. Field Crop Abst., 48 (12), 1995).
- Underwood, B.A. (2000). Overcoming micronutrient deficiencies in developing countries ! Is there a role for agriculture ? Foot Nutr. Bull 21 (4) : 356 – 360.
- USDA, SEA (1980). Suggested Guidelines for Weed Control, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. (621 – 220 / SEA 3619).
- Vallad, G.E. and R.M. Goodman (2004). Systemic acquired resistance and induced systemic resistance in conventional agriculture. Crop Sci. 44 : 1920 – 1934 .
- Vancetovic, J.M. Vidakovic ; L. Stefanovic and M. Simic (2004). In the material of the MRI gene bank, only imidazoline resistance was found among a group of total and selective broad – spectrum herbicides. Maize – Genetics Cooperation Newsletter. (78) : 5 - 6.
- Varalakshmi, D. ; N. Lakshmi and K.N. Guruprassad (2003). Physiological changes in soybean variety JS 71 – 05 after the exclusion of UV – A and UV – B from solar radiation : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan 8 – 12, New Delhi, India, p. 444.
- Vasantha, S. (2003). Response of sugarcane genotypes to salinity. Abstr. : 2nd International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 226.
- Villarroya, M. ; M.C. Escorial ; J.M. Garcia-Baudin and M.C. Chueca (2000). Inheritance of tolerance to metribuzin in durum wheat. Weed Research Oxford. 40 (3) : 293 – 300.
- Vnuchkova, V.A. and N.B. Khitrov (1990). Method of obtaining regenerated plants of *Hordeum vulgare* resistant to the toxic action of Al^{3+} in an acid medium. USSR patent (1990) A.S. 1546483.
- Voigt, P.W. and T.E. Staley (2004). Selection for aluminum and acid-soil resistance in white clover. Crop Sci. 44 : 38 – 48.
- Wan, J. H. Zhai , J. Wan and H. Ikehashi (2003). Detection and analysis of QTLs for ferrous iron toxicity tolerance in rice, *Oryza sativa* L. Euphytica 137 : 201 – 206.
- Wang , R.M. ; X.E. Yang and C.X. He (2004). Genetic analysis on agronomic traits related to zinc efficiency in lowland rice. J. of Plant Nutrition 27 (4) : 585 – 599.
- Wang , S. ; Shi-LiLi ; Sun-ZongXiu ; Cai-Baoli ; Fu-Yaping ; Wang-Yang ; Si-HuaMin ; Liu-Xia and Zhang-Xin (2005). Agrobacterium-mediated transformation of rice (*Oryza sativa* L.) with atrazine chlorohydrolase gene (*atzA*). Agric. Sci. in China. 4 (4) : 241 – 246.

- Wardyn, B.M. and W.K. Russell (2004).** Resource allocation in a breeding program for phosphorus concentration in maize grain. *Crop Sci.* 44 (3) : 753 – 757.
- Wardyn, B.M. and W.K. Russell (2005).** Inheritance of phosphorus concentration in maize grain. *Gene action and correlated traits.* *Maydica* 50 (2) : 91 – 99.
- Ware, W.G. (1994).** *The Pesticides book.* Thomson Publications P.O. Box 9335 Fresno, (A 9379).
- Welch, R.M. (1995).** Micronutrient nutrition of plants. *Critical Reviews in Plant Science* 14 : 49 – 82.
- Welch, R.M. (2001).** Micronutrients, agriculture, and nutrition : Linkage for improved health and well being p. 247 – 289. In **K. Singh *et al.*, (ed.).** *Prespectives on the micronutrient nutrition of crops.* Scientific Publishers, Jodhpur, India.
- Williams, M.M. II. ; J.K. Pataky ; J.N. Nordby ; D.E. Riechers ; C.L. Sprague and J.B. Masiunas (2005).** Cross-sensitivity in sweet corn to nicosulfuron and mesotrione applied postemergence. *Horst Science* 40 (6) : 1801 – 1805.
- Winicov, I. (1994).** Gene expression in relation to salt tolerance. In *Stress-induced Gene Expression in Plants, (Ed. Barsa As)* Harwood Academic Publishers, USA pp 61 – 85.
- Winicov, I. and J.D. Button (1991).** Accumulation of photosynthesis gene transcripts in response to sodium chloride by salt tolerant alfalfa cells. *Planta.* 183 : 478 – 483.
- Woloshuk, C.P. ; J.S. Meulenhoff ; M. Sela-Buurtage ; P.J.M. van den Elzen and J.C. Cornelissen (1991).** Pathogen-induced proteins with inhibitory activity toward phytophthora infestans. *Plant Cell*, 3 : 619 – 628.
- Wu, P. ; A. Luo ; L. Zhu ; J. Yang ; N. Huang and D. Senadhira (1997).** Molecular markers linked to genes underlying seedling tolerance of ferrous iron toxicity. In : *Plant Nutrition for Sustainable Food Production and Environment.* **T. Ando *et al.*, (eds.),** Kluwer Academic Publishers, Japan.
- Wu, P. ; C.Y. Liao ; B. Hu ; K.K. Yi ; W.Z. Jin ; J.J. Ni and C. He (2000).** QTLs and epistasis for aluminum tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) at different seedling stages. *Theor. Appl. Genet.* 100 (8) : 1295 – 1303.
- Xu-W. ; Huang-KunLun ; Deng-Aike and Luo-Yun Bo (2005).** PCR for anti-herbicide genes detection in genetically modified organisms. *J. of Agric. Biotechnology.* 13 (5) : 575 – 579.

- Yang, Y.W. ; R.J. Newton and F.R. Miller (1990). Salinity tolerance in Sorghum. I. Whole plant response to sodium chloride in *S. bicolor* and *S. halepense*. Crop-Science. 30 (4) : 775 – 781.
- Yano, S. ; M. Ogawa and Y. Yamanda (1982). Plant formation from selected rice cells resistant to salts. In : Plant Tissue Culture, Fujiwara, A. Ed. Japanese Association for Plant Tissue Culture, Tokyo, 495.
- Yen, H.E. ; G.E. Edwards and H.D. Grimes (1994). Characterization of a salt-responsive 24-Kilodalton Glycoprotein in *Mesembryanthemum crystallinum*. Plant Physiol, 105 : 1179 – 1187.
- YingXin, L. and H. Xiang Ming (1998). Research on the combining ability and inheritance of 12 economic characters in upland cotton. China Cottons (1998) 25 (3) : 9 – 11.
- Yokoyama, T. ; N. Kodama ; H. Aoshima ; H. Izh ; K. Matsushita and M. Yamada (2001). Cloning of a cDNA for a constitutive NRT1 transporter from soybean and comparison of gene expression of soybean NRT1 transporters. Biochimica et Biophysica Acta, Gene Structure and Expression 1518 (1 / 2) : 79 – 86.
- YoungYell, Y. ; J.J. Young ; S. Won Yong ; S. Haksoo and L. Young Sook (2000). Identification of rice varieties with high tolerance or sensitivity to lead and characterization of the mechanism of tolerance. Plant Physiology 24 (3) : 1019 – 1026.
- Yusuf, Y. (1981). Differential responses of sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench) genotypes to iron nutrition. Diss. Abstr. Int. B. 41 : 4334 – 4335 B.
- Zao, R.T. ; S.G. Gao ; Y.K. Qiao ; H.M. Zhu and Y.J. Bi (1995). Studies on the application of anther culture in salt tolerance breeding in wheat. Acta Agronomica Sinica. 21 (2) : 230 – 234.
- Zavareh, M. ; D. Mazaher and M.R. Chaichi (2003). Effects of different levels of water salinity (seawater) on germination characteristics of rapeseed (*Brassica napus* L.) and brown mustard (*B. juncea* Czern. and Coss) Genotypes. Abstr. : 2nd International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 257.
- Zayed, B.A. ; S.M. Shehata ; A.A. Abou Khalifa and S.M. El-Mowfy (2004a). Seedling vigor of hybrid rice related to seed rate under saline soil condition. The International Conference On Advanced Rice Research, 21 – 23 September, Abstract P. 55 Alexandria, Egypt.
- Zayed, B.A. ; S.M. Shehata ; G. Glenn and A.E. Draz (2004b). Cell membrane stability, photosynthetic rate and associated traits indicator of salinity tolerance in some rice cultivars (*Oryza sativa*, L.). The International Conference On Advanced Rice Research, 21 – 23 September, Abstract P. 28 Alexandria, Egypt.

- Zelenskii, M.O. and V.S. Noboka (1971). Heterogeneity of winter wheat varieties and its expression in suitable conditions. Nauk. Pratsi UKV. Silkogospod. Akad 32 : 13 – 16. (C.F. Gupta, U.S. 1997). (Eds) “ Crop Improvement Vol. 2. Stress Tolerance “. Enfield Distribution Co. Enfield, New Hampshire, USA.
- Zeng, L. and M.C. Shannon (2000). Effects of salinity on grain yield and yield components of rice at different seeding rates. Agronomy J. 92 : 418 – 423.
- Zeng, L. ; J.A. Poss ; C. Wilson ; A.E. Draz ; G.B. Gregorio and C.M. Grieve (2003). Evaluation of salt tolerance in rice genotypes by physiological characters. Euphytica 129 : 281 – 292.
- Zenk, M.H. (1997). Heavy metal detoxification in higher plants – a review. Gene 179 : 21 – 30.
- Zenoff, A.N. ; M. Hilal ; M. Galo and H. Moreno (1994). Changes in lipid composition and inhibition of the extrusion of protons during salt stress in two genotypes of soybean resistant or susceptible to stress. Varietal differences. Plant Cell Physiol. 35 : 729 – 735.
- Zhang, W. and E.P. Webster (2002). Shoot and root growth of rice (*Oryza sativa*) in response to V-10029. Weed Technology 16 (4):768 – 772.
- Zhang, N. ; N. Yi ; S. Linscombe and J. Orda (2003). Out- crossing frequency and genetic analysis of hybrids between transgenic glufosinate herbicide- resistant rice and the weed. Euphytica. 130 (1) : 35 – 45.
- Zhang, M.W. ; B.J. Guo and Z.M. Peng (2004a). Genetic effects on Fe , Zn , Mn and P contents in Indica black pericarp rice and their genetic correlations with grain characteristics. Euphytica 135 (3) : 315 – 323.
- Zhang, W. ; E.P. Webster ; D.C. Blouin and S.D. Linscombe (2004b). Differential tolerance of rice (*Oryza sativa*) varieties to clomazone. Weed Technology 18 (1) : 73 – 76.
- Zang, X. ; R.S. Jessop and F. Ellison (2002). Genetic variability and parameter estimates of aluminum and manganese tolerance in tritical. 12th Australasian Plant Breeding Conference , Perth, Western Australia 15 – 20th September 2002, p. 84.
- Zhong, G.Y. and J. Dvorak (1995). Chromosomal control of the tolerance of gradually and suddenly imposed salt stress in the *Lophopyrum elongatum* and wheat, *Triticum aestivum* genomes. Theor Appl Genet, 90 : 229 – 236.
- Zhou, H. ; J.D. Berg ; S.E. Bland ; C.A. Chay ; G. Chen ; S.R. Eskelsen ; J.E. Fry ; S. Hol ; T. Hu ; P.J. Isakson ; M.B. Lawton ; S.G. Metz ; G.B. Rempel ; D.K. Ryerson ; A.P. Sansone ; A.L. Shook ; R.J. Starke ; J.M. Tichota and S.A. Valenti (2003). Field efficacy assessment of transgenic Roundup Ready wheat. Crop Science. 43(3) : 1072 – 1075.



0798984

الملوحة - نقص العناصر الغذائية
سمية العناصر الغذائية - مبيدات الحشائش
الإشعاع فوق البنفسجية



المكتبة المصرية

أبو أحمد ذو الفقار - لوران الإسكندرية
تليفون: ٢٩٨٠٠٠٠ - ٢٩٨٠٠٠٠
عنوان: ٢٩٨٠٠٠٠ - ٢٩٨٠٠٠٠